

1-1-2008

Aprovechamiento de la harina de papa criolla (*Solanum phureja*) como sustituto parcial de la sémola de trigo en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo spaghetti

Andrés Felipe Escobar Munera
Universidad de La Salle, Bogotá

Juán camilo Varela Tabares
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Citación recomendada

Escobar Munera, A. F., & Varela Tabares, J. c. (2008). Aprovechamiento de la harina de papa criolla (*Solanum phureja*) como sustituto parcial de la sémola de trigo en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo spaghetti. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/157

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**APROVECHAMIENTO DE LA HARINA DE PAPA CRIOLLA
(*Solanum phureja*) COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA
SÉMOLA DE TRIGO EN LA FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN
DE UNA PASTA ALIMENTICIA TIPO *SPAGHETTI*.**

ANDRES FELIPE ESCOBAR MUNERA

JUAN CAMILO VARELA TABARES

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

INGENIERIA DE ALIMENTOS

BOGOTA D. C.

2008

**APROVECHAMIENTO DE LA HARINA DE PAPA CRIOLLA
(*Solanum phureja*) COMO SUSTITUTO PARCIAL DE LA
SÉMOLA DE TRIGO EN LA FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN
DE UNA PASTA ALIMENTICIA TIPO *SPAGHETTI*.**

Trabajo de Grado para optar por el título de
Ingeniero de Alimentos

ANDRES FELIPE ESCOBAR MUNERA
JUAN CAMILO VARELA TABARES

Director
RAFAEL GUZMAN CORTÉS
Químico

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
INGENIERIA DE ALIMENTOS
BOGOTA D. C.

2008

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Jurado

Jurado

Bogota, 2008

Ni la Universidad, ni el Director,
ni los Jurados son responsables
de las ideas expuestas por el
Estudiante.

Reglamento Estudiantil.
Universidad de La Salle.

A Dios por la vida tan maravillosa que me ha dado al lado de mis seres queridos, familia y amigos, y permitirme que hoy culmine esta etapa tan importante en mi vida.

Dariito lindo, excelente padre, amigo y compañero, gracias a sus enseñanzas y consejos he llegado a ser la persona que soy hoy, gracias por no desfallecer nunca de brindarnos lo mejor de la vida.

A mi madre; Amiga estupenda, mujer de gran corazón, gracias por tu compañía, comprensión, apoyo y por tus oraciones en todos los momentos importantes de mi vida.

A Natalia y Hernán mis hermanos que siempre me brindaron su compañía y apoyo.

A mi familia gracias por su apoyo incondicional en todo momento, gracias por sus consejos y oraciones.

A mis amigos, que compartieron conmigo durante estos años de carrera y me brindaron apoyo y refugio cuando tenía dificultades, gracias por los momentos felices que compartimos y que siempre recordare.

A Juan Camilo Varela, por permitirme trabajar y aprender de él y ser un buen amigo durante todo este tiempo de carrera.

ANDRES FELIPE

A Dios, por ser el amigo fiel que está siempre presente en mi camino, que bendice cada paso que doy, y lo llena con su presencia.

A mi Padre, personaje conspicuo merecedor de toda mi admiración y respeto, gracias por ser la persona que me brinda constantemente su incondicional apoyo.

A mi Madre, por ser el ángel que Dios ha enviado para que con su amor y ejemplo impulse la realización de mis sueños y metas.

A mis hermanas, brillantes personas que con su compañía y apoyo me hacen sentir bendecido por Dios, por poder contar con ustedes.

A mi familia, por su constante apoyo y acompañamiento durante todos los momentos de la vida.

A la Universidad, por ser el alma mater que me ha brindado la preparación necesaria para el futuro profesional que me espera.

A mis amigos y compañeros de Universidad que han estado presentes en todos los espacios académicos y que han aportado a mi formación como persona.

A Andrés, por ser un amigo incondicional durante la carrera, y un excelente compañero de trabajo.

JUAN CAMILO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A RAFAEL GUZMÁN CORTÉS, Químico, Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Docente Universidad de La Salle, por su orientación y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo de grado.

A LENA PRIETO, Ingeniera Química. Docente Universidad de La Salle, por su orientación en la fase preliminar del proyecto.

A LUZ MIRIAM MONCADA, Química. Docente de La Universidad de La Salle, por su orientación y apoyo en la fase preliminar de la investigación.

A PEDRO PORRAS, Ingeniero Agrónomo, funcionario de FEDEPAPA, por su orientación durante la primera fase del proyecto.

A ANYULEY BARRAGÁN, Gerente de inversora agro industrial BGA Ltda., por su colaboración en la obtención de información y materias primas.

A JUAN CARLOS POVEDA, Auxiliar de laboratorio de química. Universidad de La Salle, por su orientación, apoyo y permanencia en el desarrollo de las pruebas.

A OMAR RODRIGUEZ MORENO, Ingeniero encargado del Laboratorio de control de calidad en harinas y cereales de ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA., por su orientación durante la realización e interpretación de las pruebas reológicas.

A PHARMALACTEOS, por su colaboración en la accesoria y desarrollo de las pruebas microbiológicas.

A TODAS las personas que de alguna forma, influyeron en la realización del proyecto e hicieron posible esta realidad.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	
1. REVISIÓN DE LITERATURA	1
1.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO	1
1.2 LA PASTA	1
1.3 PAPA CRIOLLA (<i>Solanum phureja</i>), VARIEDAD YEMA DE HUEVO	3
1.4 MATERIAS PRIMAS	6
1.4.1 Sémola	6
1.4.2 Almidón	7
1.4.3 Huevo	9
1.4.4 Aceite	10
1.4.5 Sal	11
1.4.6 Agua	13
1.5 ELABORACIÓN DE LA PASTA ALIMENTICIA	13
1.6 COMPOSICIÓN DE LA PASTA	15
1.6.1 Características microbiológicas	16
1.6.2 Características de calidad	17
2. MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1 MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS	18
2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA MATERIAS PRIMAS	18
2.3 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y FASES EXPERIMENTALES	20
2.4 MÉTODO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA PASTA	22
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS	

Y SENSORIALES AL PRODUCTO FINAL	23
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
3.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA SÉMOLA DE TRIGO Y LA HARINA DE PAPA CRIOLLA	26
3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES SOBRE LA FORMULACIÓN INICIAL	28
3.2.1 Selección del Patrón	28
3.2.2 Ensayos Formulados (1 a 10)	30
3.2.3 Pruebas reológicas	33
3.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA PASTA POR PRUEBA DE COCCIÓN	36
3.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL AL PRODUCTO FINAL	37
3.4.1 Resultado de análisis microbiológico	37
3.4.2 Resultado de análisis fisicoquímico	38
3.4.3 Resultado de análisis sensorial	39
3.5 BALANCE DE MATERIA	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación botánica de la planta de papa criolla	3
Tabla 2. Principales municipios productores papa criolla	4
Tabla 3. Características agrícolas de la papa criolla	5
Tabla 4. Aporte Nutricional de la papa criolla fresca	6
Tabla 5. Composición química de la sémola de trigo durum	6
Tabla 6. Composición química del huevo	9
Tabla 7. Composición física del huevo	9
Tabla 8. Composición química de la sal refinada	12
Tabla 9. Composición de las pastas alimenticias en 100 g	15
Tabla 10. Requisitos específicos del contenido de una pasta alimenticia seca tipo spaghetti según normativa colombiana	15
Tabla 11. Requisitos microbiológicos para pastas alimenticias	16
Tabla 12. Métodos de análisis de materias primas	19
Tabla 13. Métodos de análisis fisicoquímicos en el producto final	24
Tabla 14. Métodos de análisis microbiológicos en el producto final	24
Tabla 15. Contenido de humedad y cenizas de la harina de papa criolla y la sémola de trigo.	26
Tabla 16. Contenido de proteínas y carbohidratos de la harina de papa criolla y la sémola de trigo.	26
Tabla 17. Composición de la sémola de trigo, vs. NTC 420	27
Tabla 18. Composición de la harina de papa criolla, vs. NTC 267 (Harina de trigo)	28
Tabla 19. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 1 (P1)	28
Tabla 20. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 2 (P2)	29
Tabla 21. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 3 (P3)	29
Tabla 22. Contenido en porcentaje de las materias primas de los ensayos formulados	31

Tabla 23. Contenido en peso de las materias primas de los ensayos formulados.	32
Tabla 24. Condiciones de proceso para los ensayos preliminares.	33
Tabla 25. Porcentaje de agua absorbida y de sedimento en la muestra comercial, E6 y E7.	36
Tabla 26. Resultado del análisis microbiológico de E7.	37
Tabla 27. Contenido de humedad y cenizas de las pastas secas: patrón, E6 y E7.	38
Tabla 28. Contenido de proteínas y carbohidratos de las pastas secas: patrón, E6 y E7.	38
Tabla 29. Contenido en porcentaje de proteínas y carbohidratos del patrón y los ensayos, como pastas frescas y secas.	39
Tabla 30. Composición química de las pastas secas patrón, E6 y E7 vs. NTC	39
Tabla 31. Diferencias significativas entre las medias de las 3 formulaciones que se evalúan	41
Tabla 32. Resultados del panel de degustación para E7	42
Tabla 33. Resumen balance de materia	44

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Patrones P1, P2 y P3.

30

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1. Balance de materia
- Anexo 2. Pruebas reológicas
- Anexo 3. Pruebas microbiológicas
- Anexo 4. Formato encuesta
- Anexo 5. Análisis estadístico
- Anexo 6. Graficas encuesta
- Anexo 7. Análisis granulométrico de la Sémola de trigo

INTRODUCCIÓN

La papa criolla es un alimento que se produce solo en algunos países del área andina, en Suramérica, como en Ecuador, Perú, Colombia y algunas regiones de producción no muy significativas en Bolivia. Siendo Colombia el país que por sus extensiones de tierra, condiciones climáticas, y experiencia en la labor agrícola, presenta los más altos volúmenes de producción de la misma, y de forma similar, las mejores características físicas y organolépticas de la papa criolla.

Colombia cuenta con un producto propio potencialmente explotable, la materia prima es de fácil obtención, y para el producto que se desarrolla es posible la utilización de las papas criollas que han perdido su calidad comercial, pero que aun tienen calidad organoléptica y nutricional.

La harina de papa criolla es básicamente la papa criolla despojada de la mayoría de su contenido natural de agua, es una materia prima poco analizada, y por lo tanto poco empleada hasta el momento. No existe a la fecha registro alguno de haber sido antes usada en la elaboración de algún producto farináceo.

Al ser el sustento de cientos de familias campesinas colombianas, vale la pena darle una nueva proyección, que de la posibilidad de acercase más a la industria, a través del desarrollo de nuevos productos.

El trabajo de grado consiste en la determinación experimental del porcentaje más apropiado de sustitución de sémola de trigo por harina de papa criolla en la elaboración de una pasta alimenticia tipo *spaghetti*, que permanezca dentro de la normativa colombiana legal vigente, y que permita aprovechar una materia prima no explorada aún, en la elaboración de productos farináceos.

OBJETIVOS

GENERAL

Determinar el porcentaje apropiado de sustitución de sémola de trigo por harina de papa criolla en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo *spaghetti*, que permanezca dentro de la normativa colombiana vigente, permitiendo aprovechar una materia prima no explorada aún, para la elaboración de productos farináceos.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar de manera fisicoquímica la harina de papa criolla, variedad yema de huevo, determinando humedad, proteína, almidón y tamaño de partícula.
- Realizar pruebas experimentales de la formulación de la pasta alimenticia con variaciones en los porcentajes de sémola de trigo y harina de papa criolla, hasta la obtención de la mejor o las mejores mezclas con características uniformes de estabilidad, que permanezcan acordes a la normativa técnica colombiana.
- Analizar y evaluar el comportamiento y las características de la pasta por medio de pruebas de calidad en la cocción y compararlo con las características de una pasta alimenticia comercial.
- Realizar una caracterización microbiológica (Coliformes totales, *Staphilococcus aureus*, *Escherichia coli*, mohos y levaduras, *Salmonella*); fisicoquímica (humedad, cenizas, proteína y almidón) y sensorial (organoléptico) al producto final.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES DEL PRODUCTO

“Pastas alimenticias” es un termino que según la normativa colombiana (NTC 1055) son todos los productos preparados mediante el secado apropiado de las figuras formadas del amasado con agua de derivados del trigo u otras farináceas aptas para el consumo humano o combinación de las mismas.¹

Teniendo en cuenta que la pasta es un alimento que hace parte importante de la canasta familiar, vale la pena resaltar que es una fuente energética para el hombre, ya que proporciona una cantidad muy significativa de carbohidratos, proteínas con un bajo contenido de grasa. La pasta de trigo duro contiene las vitaminas del grupo B, además de vitamina E.

1.2 LA PASTA

Las pastas alimenticias son conocidas desde la antigüedad. No se sabe exactamente cuándo o dónde se comió la primera pasta. Pero probablemente esto ocurrió poco después de que los humanos más antiguos aprendieron a cosechar y a moler trigo (aproximadamente hace 10.000 años).

Cuando la gente de la prehistoria aprendió a sembrar granos, sus vidas cambiaron radicalmente; ya que no tenían que desplazarse de un lado a otro buscando su próxima comida, por que podían residir en un lugar fijo.

De algún modo, éstos antiguos labradores probablemente llevaron algo de grano, alguien decidió tostarlo en piedras calientes, algunos decidieron molerlo hasta obtener una harina tosca, quizás solo para ver qué sucedía; luego el grano molido

¹ICONTEC, NTC 1055, Industrias Alimentarias, Pastas alimenticias, definición del producto y características básicas

fue mezclado con agua hasta lograr una masa consistente denominada hoy en día pasta.²

La pasta alimenticia es conocida como el producto de la mezcla y amasado de derivados del trigo (sémola o harina) y agua que puede contener huevos, vegetales deshidratados como espinaca, tomate (pastas de colores), salvado (pastas integrales). La mezcla resultante se somete luego a un proceso de extrusión o laminado para darle la forma deseada (láminas de lasaña, pastas largas como *spaghetti*, *linguini*, pastas cortas como tornillo, conchitas).

Posteriormente puede someterse a procesos de estabilización (que permiten una mayor vida útil) como puede ser la deshidratación para obtener pasta seca (láminas de lasaña, pasta larga o corta) o ser rellenada para obtener pastas rellenas (*Raviolis*, *Tortellinis*, *Canellonis*), las cuales a su vez pueden ser deshidratadas, congeladas, pasterizadas o refrigeradas³

La pasta tiene un valor nutritivo superior al del pan, ya que contiene menos agua y más sémola. Aproximadamente ocho partes de peso de pasta equivalen a catorce partes de pan.

En contraste, con la elaboración de *spaghetti* que utiliza sémola de trigo, la pasta que usa materiales no convencionales, necesita del aprovechamiento de las propiedades funcionales del almidón; poder de gelificación, estabilizador, emulsificante, humectante y espesante, las cuales al ser combinadas con las propiedades de la sémola de trigo durum, dan como resultado un producto con mejores características, que satisface las expectativas del consumidor con respecto al producto.⁴

² Historia de la Pasta, compilación Independiente, disponible en: <http://www.laitaliana.com.mx/sabia/default.htm>, Visitada el 12 de Abril del 2008

³ Lista Alimenticia S.A., Industria Colombiana, Pasta Alimenticia.

⁴ Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional. Conferencia Internacional de Almidón. Ecuador. 1996

1.3 PAPA CRIOLLA (*SOLANUM PHUREJA*), VARIEDAD YEMA DE HUEVO.

A continuación se muestra la tabla 1 con la clasificación botánica de la planta de papa criolla.

Tabla 1. Clasificación botánica de la planta de papa criolla⁵

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	<i>S. phureja</i>

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_phureja

Nombre binomial: *Solanum phureja*

Originaria de América tropical, el cultivo de papa criolla se extiende principalmente a lo largo de la región andina de América del sur. Taxonómicamente pertenece a la familia Solanacea, serie tuberosa, de las cuales Colombia es centro de origen de 4 especies entre las que se destacan comercialmente la *Solanum tuberosum* spp. *andigena* y la *Solanum phureja* (papa criolla).⁶

Botánicamente es una planta de 60 cm. de alto, conformada por varios tallos herbáceos con muchas ramificaciones de donde brotan flores blancas o rojas que se conservan hasta el final del ciclo y hojas compuestas de color verde oscuro. El sistema radical se conforma de raíces con ramificaciones laterales y estolones a partir de los cuales se forman los tubérculos, que son órganos de reserva de la planta. El color de los tubérculos tiene distintos matices de amarillo y, en algunos

⁵ PLAISTED, R. (1982), «Papa» W. Fehr & H. Hadley, *Hybridization of Crop Plants.*, 483-494, Sociedad Americana de Agronomía, Crop Science Society of America.

⁶ BONIERBALE, M, Recursos Genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro, suplemento revista latinoamericana de la papa, Pág. 6, 2004

casos, presenta tintes rojos; tiene forma redonda a ovoide, ojos u hoyos distribuidos por toda la superficie. En promedio, se estima que la planta produce hasta 40 tubérculos esparcidos en contorno.⁷

Actualmente, la papa criolla se cultiva en pequeñas áreas al margen del cultivo de papa común, en surcos dentro del mismo, o en huertas familiares. Los principales departamentos productores en Colombia son Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Antioquia, Cauca, Norte de Santander y Santander, estas especificaciones de producción se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Principales municipios productores papa criolla.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIOS
Cundinamarca	Subachoque*, Une, Cáqueza, Usme, Zipacón, Bojacá, Chocontá, Cajicá, La Calera, Cota, Guasca, Zipaquirá, Suesca, Carmen de Carupa y Mosquera
Boyacá	Toca, Siachoque, Motavita, Ventaquemada, Umbita, La Capilla, Turmequé y Buenavista
Nariño	Pasto, Puerres, Potosí, Córdoba, Ipiales, Pupiales, Guachucal, Cumbal
Antioquia	Sonsón, La Unión, Abejorral, Carmen de Vivalor, Santuario
Cauca	Silvia, Puracé, Sotorá, Jambaló, Totoró
Norte de Santander	Mutiscua, Silos, Opitaga, Pamplona, Cácora
Santander	Sutará, Tona, Cerrito, Málaga

*Mayor municipio productor en Colombia.

Fuente: Mosquera C. Jorge. La modesta papa criolla. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1992.

El cultivo de papa criolla cuenta con características propias de sus prácticas agrícolas, tal como se ve en la tabla 3 que se presenta a continuación.

⁷ Gobernación de Antioquia, Secretaria de Agricultura y Desarrollo rural, Cultivo de papa criolla en Colombia, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ingeniería de Informática.

Tabla 3. Características agrícolas de la papa criolla

Adaptación	2.300-2.800 metros sobre el nivel del mar, con un rango de temperatura promedio de 10° a 18° centígrados, requiere una precipitación y una precipitación de 900 mm/ año de lluvia, sin embargo se desarrolla bien con precipitaciones superiores.
Suelos	Requiere de suelos con una textura franca, suelta y profunda que evita la acumulación de humedad, con pH entre 5.2 y 5.9. Responde a altos contenidos de materia orgánica.
Periodo Vegetativo	Cuatro meses
Rendimiento Comercial	15 toneladas/año
Periodo de reposo	Carece de período de reposo, presenta brotes antes de la maduración.

Fuente: Revista Papa. Variedades Colombianas de papa. N°19. 1999

La información agronómica del cultivo de la papa criolla es escasa en todas las fases de su desarrollo, debido a que el cultivo no se le había dado la misma importancia económica que se le asignó a la papa común. Asimismo, aunque se presentan marcadas diferencias en su manejo, se puede decir que muchas de las tecnologías utilizadas y algunos criterios de manejo agronómico que se aplican al cultivo de papa común se han extrapolado al de este producto. El cultivo de la papa criolla requiere de un periodo vegetativo de 5 a 6 meses.⁸

La papa criolla como alimento, ofrece un excelente valor nutricional de vitaminas A, B y C, niacina, tiamina, carbohidratos y minerales como el sodio, potasio, calcio, hierro magnesio y fósforo, aporte nutricional importante en la dieta diaria.⁹

A continuación se presenta información nutricional de la papa criolla en fresco en la tabla 4.

⁸ BONIERBALE, M, Recursos Genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro, suplemento revista latinoamericana de la papa, Pág. 6, 2004

⁹ Gobernación de Antioquia, República de Colombia, papa criolla en Colombia, disponible en: http://www.gobant.gov.co/organismos/agricultura/papa/cadena%20papa/Papa_Criolla_cultivo.pdf, Visitada el 3 de Mayo del 2008

Tabla 4. Aporte nutricional de la papa criolla fresca

Agua	75.5 %	Fósforo	54.0 mg/100g
Proteína	0.5 %	Hierro	0.60 mg/100g
Grasas	0.1 %	Riboflavina	0.06 mg/100g
Carbohidratos	18.7 %	Niacina	2.50 mg/100g
Fibra	2.2 %	Ácido ascórbico	15.0 mg/100g
Cenizas	1.0 %	Tiamina	0.08 mg/100g
Calcio	7.00 mg/100g	Calorías	83.0

Fuente: CEVIPAPA¹⁰

1.4 MATERIAS PRIMAS

1.4.1 Sémola de trigo. Es la fracción de la molienda del trigo que contiene la mejor calidad y mayor cantidad de proteínas. Las pastas finas se hacen de sémola, las pastas corrientes se hacen de harina. Las pastas hechas de sémola tienen una mejor consistencia y mejor comportamiento en la cocción, además de su evidente calidad nutricional, como se observa en tabla 5.

Tabla 5. Composición química de la sémola de trigo durum

Compuesto	Sémola de trigo
Agua (%)	12,6
Proteína (%)	14
Grasa (%)	1,85
Carbohidratos (%)	67,5
Fibra (%)	2,55
Ceniza (%)	1,5
Calcio (mg)	51
Fósforo (mcg)	293
Hierro (mg)	4,6

Fuente: Roma Prince, composición media de los cereales

La sémola de trigo es el producto obtenido de la molienda en los primeros cilindros de trituración y tamizado del trigo. Debe tener color, olor y sabor propio y debe estar

¹⁰ FEDEPAPA, Revista Papa. Variedades Colombianas de papa. N°19. 1999

libre de cualquier infestación y material extraño. Puede contener harina y se le pueden adicionar vitaminas y colorantes naturales¹¹

La sémola de trigo generalmente utilizada en Colombia es la que se obtiene de trigos importados de la calidad del durum; estos son principalmente trigos de primavera e invierno. Son de color ámbar, aunque en realidad son trigos blancos con el endospermo translúcido que les da el aspecto ambarino. El trigo Canadiense es del tipo durum, el cual constituye una especie botánica (*Triticum durum*) distinto de los utilizados en panificación (*Triticum vulgare*). Se trata de un trigo duro con el que se elabora la sémola destinada a la elaboración de pasta alimenticia

Los trigos durum son ricos en pigmentos carotenoides, ya que estos son los que le confieren el color amarillo a la pasta. A causa de la relación entre el color amarillo y la aceptación por el consumidor la cantidad de pigmentación ha servido de guía para seleccionar el durum de buena calidad. Curiosamente, los durum con gluten más fuerte producen pasta con el efecto “al dente” más fuerte.¹²

1.4.2 Almidón. Es la sustancia con la que las plantas almacenan su alimento en raíces (yuca), tubérculos (papa), frutas y semillas (cereales). Pero, no sólo es una importante reserva para las plantas, también para los seres humanos tiene una alta importancia energética, proporciona gran parte de la energía que consumimos los humanos.

El almidón se diferencia de los demás hidratos de carbono presentes en la naturaleza en que se presenta como un conjunto de gránulos o partículas. Estos gránulos son relativamente densos e insolubles en agua fría, aunque pueden dar lugar a suspensiones cuando se dispersan en el agua. Suspensiones que pueden variar en sus propiedades en función de su origen.

¹¹ ICONTEC, Norma Técnica Colombiana, NTC 420, 30

¹² HOSENEY, Carl. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. España. Editorial Acribia. 1991

Su composición química evidencia una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; contienen regiones cristalinas y no cristalinas en capas alternadas. Puesto que la cristalinidad es producida por el ordenamiento de las cadenas de amilopectina, los gránulos de almidón céreo tienen parecido grado de cristalinidad que los almidones normales.

- **Amilosa.** Es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos $\alpha(1,4)$, que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α -D-(1,4)-glucana cuya unidad repetitiva es la α -maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa. El interior de la hélice contiene sólo átomos de hidrógeno, y es por tanto lipofílico, mientras que los grupos hidroxilo están situados en el exterior de la hélice. La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa.¹³
- **Amilopectina.** Se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa. Su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de daltones.

La amilopectina constituye alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones están constituidos exclusivamente por amilopectina y son conocidos como céreos. La amilopectina de papa es la única que posee en su molécula grupos éster fosfato, unidos más frecuentemente en una posición O-6, mientras que el tercio restante lo hace en posición O-3.¹⁴

¹³ GOMEZ, M.A. Almidón, El rincón de la ciencia, No. 21 Abril 2003, disponible en: <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/Rc-58.htm>, Visitada 1 Mayo 2008

¹⁴ Amilopectina, Compilación Independiente, disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Almidon>, Visitada 2 Mayo 2008

1.4.3 Huevo. Realiza una serie de funciones en los productos en que se utiliza como ingrediente. Este consta de tres partes en general: el cascarón, la clara y la yema.

Los huevos son una fuente importante de proteína de alta calidad, además de su contenido natural de agua; su composición química y física se encuentran descritas en la tablas 6 y 7 que se presentan respectivamente a continuación.

Tabla 6. Composición química del huevo

Elemento	Clara (%)	Yema (%)
Agua	88	48
Proteína	11	16,5
Grasa	0,2	32,5
Minerales	0,8	2

Fuente: CHARLEY¹⁵

Tabla 7. Composición física del huevo

Elemento	Contenido (%)	Parte Comestible (%)
Cáscara	10	--
Clara	58	65
Yema	32	35

Fuente: CHARLEY¹⁶

La clara aporta las dos terceras partes del peso total del huevo, se puede decir que es una textura cuasi-transparente que en su composición casi el 90% se trata de agua, el resto es proteína, trazas de minerales, materiales grasos, vitaminas (la riboflavina es la que proporciona ese color ligeramente amarillento) y glucosa (la glucosa es la responsable de oscurecer el huevo en las conservaciones de larga duración: huevo centenario). Las proteínas de la clara están presentes para defender al huevo de la infección de bacterias y otros microorganismos, su función biológica es la de detener agresiones bioquímicas del exterior.

Las proteínas incluidas en la clara del huevo son:

¹⁵CHARLEY, Helen. Preparación de Alimentos, su tecnología. México. Ediciones Orientación. 1990

¹⁶CHARLEY, Helen. Tecnología de Alimentos. Procesos Físicos y Químicos. España. Acribia. 1991

- **Ovomucina.** Hace el 2% de la albúmina proteínica existente en el huevo, a pesar de ello es el ingrediente que mayores propiedades culinarias tiene debido a que es la responsable de cuajar el huevo frito y pochado. Su misión biológica es la de ralentizar la penetración de los microbios.
- **Ovoalbúmina.** Es la más abundante del huevo, se desnaturaliza fácilmente con el calor.
- **Conalbúmina.** Hace el 14% del total de las proteínas de la clara de huevo.
- **Ovomucoide.** Alcanza una proporción del 2%¹⁷

La yema viene a aportar la tercera parte del peso total del huevo y su función biológica es la de aportar nutrientes y calorías así como la vitamina A, la tiamina y hierro necesaria para la nutrición del pollo que crecerá en su interior. El color amarillo de la yema no proviene del beta-caroteno (color naranja de algunos vegetales sino de los xantófilas que la gallina obtiene de la alfalfa y de los diversos granos (como puede ser el (maíz).

La estructura interna de la yema es como si fuera un conjunto de esferas concéntricas (al igual que una cebolla), cuando se cocina el huevo estas esferas se coagulan en una sola. La yema se protege y se diferencia de la clara por una membrana vitelina.¹⁸

1.4.4 Aceite. Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura heterogénea muy abundantes en la naturaleza del que las grasas y los aceites son los representantes más importantes. Están formados por carbono, oxígeno e hidrógeno y en ciertos casos también pueden contener fósforo y nitrógeno.

¹⁷ BURLEY, RW. y VADEHRA, DV *The Avian Egg: Chemistry and Biology*", 1989, disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_\(alimento\)#La_Clara](http://es.wikipedia.org/wiki/Huevo_(alimento)#La_Clara), Visitada el 4 de Mayo del 2008

¹⁸ Ibid, 9.

Además de su valor nutritivo; los lípidos contribuyen en muchos aspectos a la textura de los alimentos, sirven como vehículo de las vitaminas liposolubles e influyen en el sabor de varios productos alimenticios.

Las grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en la industria alimenticia, ya que su empleo como mejorador de las características de las masas y como conservante, se corroboran en numerosas investigaciones y depende de su propiedad emulsionante. Se ha demostrado que añadiendo pequeñas cantidades de lecitina (fosfolípidos) se mejora la consistencia de la masa aumentando sus características plásticas, ya que confiere a la emulsión una mayor estabilidad respecto a la que se puede obtener con proteínas exclusivamente.

Esta capacidad de los lípidos de acomplejar y por consiguiente de ligar las diferentes mallas del gluten, aumenta simultáneamente la posibilidad de elongamiento. La adición de emulsionantes confiere una estructura fina y homogénea ya que el gluten, al tener la posibilidad de elongarse sin romperse evita que se formen gruesas burbujas en la masa.¹⁹

1.4.5 Sal. Es un compuesto producido por la unión de un átomo de sodio con uno de cloro. Este compuesto es altamente higroscópico y es muy sensible a captar olores.²⁰

Es considerada como el primer mejorador de la masa, siendo su principal característica potenciar el sabor; sin embargo en muchos de los casos no se busca potenciar el sabor propio de la sal, sino ayudar a potenciar sabores de otras materias primas en la masa.

También se le atribuye la característica de facilitar y aumentar la velocidad de gelatinización en los almidones, ya que este no tiene grupos ionizables como otros

¹⁹ QUAGLIA, Giovanni. Ciencia y Tecnología de la Panificación. España. Editorial Acribia. 1991.

²⁰ GÓMEZ, Mario. Teoría y Práctica de la Elaboración del Pan. Talleres Copiloto. Bogotá. 1993.

polímeros, y por lo tanto es relativamente insensible a las sales y a cambios de pH. Además, la concentración de sales en la mayoría de los alimentos es muy baja y el efecto de éstos sobre la gelatinización del almidón debe ser mínimo²¹.

La sal para consumo humano debe contar con la composición química que se muestra en la tabla 8 que se presenta a continuación.

Tabla 8. Composición química de la sal refinada

Componente	Niveles	
	Máximo	Mínimo
Cloruro de sodio (m/m bs)	--	99,0
Humedad (% m/m)	0,20	--
Fluor (mg/kg)	220	180
Yodo, mg/Kg	100	50
Sulfatos, mg/Kg	2800	--
Magnesio, mg/Kg	800	--
Calcio, mg/Kg	1000	
Otros insolubles en agua, mg/Kg	1600	--

Fuente: NTC 1254

La sal actúa principalmente sobre la formación del gluten, ya que la gliadina uno de sus dos componentes, tiene menor solubilidad en el agua con sal, lo que da lugar en una masa obtenida con agua salada a la formación de una mayor cantidad de gluten.

Por otra parte, el gluten formado tiene fibras cortas, como consecuencia de las fuerzas de atracción electrostáticas que ocurren en la malla formada con la sal, se presenta rígido, confiriendo a la masa mayor consistencia con respecto al gluten obtenido sin sal. La sal influye también en la duración y estado de conservación del producto, debido a su capacidad para absorber agua.

²¹ BADUI, Salvador D. Química de los Alimentos. México. Editorial Alhambra. 1984.

1.4.6 Agua. Esta materia prima que entra en contacto con los alimentos, debe tener una baja cuenta microbiana total, de acuerdo con las normas sanitarias regidas en el país. Además, el número de microorganismos, tanto lipolíticos como proteolíticos, debe ser mínimo, ya que su presencia puede resultar muy perjudicial en productos con alto contenido de proteínas y lípidos; en los que las condiciones del sustrato son adecuadas para que éste sea atacado por dichos microorganismos.

Muchas de las macromoléculas con interés biológico desarrollan su actividad solamente al asociarse con moléculas de agua, como es el caso de las proteínas, las enzimas y los ácidos nucleicos, que son activos cuando adquieren sus correspondientes estructuras terciarias en presencia de agua.

El agua es un factor determinante en la inhibición y propagación de las diferentes reacciones químicas, enzimáticas o microbiológicas que pueden aumentar o reducir el valor nutritivo y la calidad de los alimentos

El principal factor que influye en las propiedades funcionales de los almidones es el agua disponible con la que puede interaccionar. La intensidad y el grado de hinchamiento del almidón depende fundamentalmente de la cantidad total de agua que el alimento contenga, de tal forma que a medida que aumenta, el hinchamiento es mayor y por consiguiente hay más almidón que se desprende del gránulo para solubilizarse

1.5 ELABORACIÓN DE LA PASTA ALIMENTICIA

La pasta es un producto elaborado con sémola de trigo, formado con una masa pero no esponjado. Los procesos de obtención son muy diferentes, como también los tipos de harinas utilizadas. Las recetas contienen por lo general sémola y agua para la pasta; sémola, agua y sal para los *spaghetti* orientales; y sémola, agua, sal y huevo para los *spaghetti* norteamericanos.

El proceso de elaboración de pastas comprende las siguientes etapas a continuación²²:

- **Selección de materia prima.** La sémola debe estar perfectamente limpia y el agua de la mejor calidad ya que influirá en la calidad de la pasta y en la conservación del utillaje. En el agua se admite un sedimento menor a 0,5 g/L. Es conveniente que tenga el menor contenido posible de calcio y silicatos.
- **Mezclado.** Deben mezclarse en un tiempo preciso y concreto: 15'-30'. Hoy se hace de forma automática. Se forma una masa plástica, fácilmente moldeable y se procede al siguiente paso tecnológico con objeto de evitar posibles alteraciones.
- **Amasado.** Se consigue que la mezcla sea lo más líquida posible y que desaparezca cualquier estructura granular.
- **Prensado y moldeado.** En el prensado tiene importancia la temperatura de la masa. En esta operación la masa pierde mucha agua. Si se utilizan moldes de plástico aparecen pastas de color ambarino.
- **Dsecación.** Es la más delicada operación, puesto que en ella se fundamenta la estructura de la pasta. Se lleva a cabo en dos fases: desecación rápida, se opera con humedad relativa baja, se forma un gradiente de humedad que tiene gran importancia en pastas grandes; desecación lenta, con humedad superior al 55 %. Una masa recién formada tiene una humedad del 3-11%. Normalmente la pasta toma agua del medio pero en el mercado no debe ser superior al 13%.
- **Envasado.** La calidad de la pasta depende de la calidad de la materia prima (harina, sémola, agua), fases tecnológicas (amasado, desecación, conservación). Un producto bueno de calidad debe ser: duro, frágil, color uniforme y semitransparente, olor a pasta no fermentada.

La legislación valora la calidad; contenido en cenizas, contenido en proteínas. Puede sufrir alteraciones tanto por la harina utilizada como: por una desecación imperfecta de la pasta, mala conservación en ambiente húmedo, exposición a roedores e insectos.

²² Pastas alimenticias, Compilación Independiente, sitio Web, disponible en: <http://www.elergonomista.com/alimentos/pastas.htm>, Visitada el 6 de Marzo del 2008

1.6 COMPOSICIÓN DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS

Como ya se mencionó anteriormente, la pasta esta compuesta en su mayoría por carbohidratos, proteínas y muy poca grasa. Las tablas 9 y 10 que se presentan a continuación muestran la composición y los requisitos específicos de las pastas alimenticias, respectivamente.

Tabla 9. Composición de las pastas alimenticias en 100 g

Calorías (No.)	350
Agua (g)	12,7
Proteína (g)	10,2
Grasa (g)	0,4
Carbohidratos (g)	76,2
Cenizas (g)	0,5
Calcio (mg)	21
Fósforo (mg)	52
Hierro (mg)	1
Tiamina (mg)	0,15
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,7

Fuente: ICBF

Tabla 10. Requisitos específicos del contenido de una pasta alimenticia seca tipo *spaghetti* según normativa colombiana

Requisitos	Mínimo	Máximo
Humedad (%)	--	13,0
Ceniza (%)	--	1,2
Proteína (%N*5.90)	10,5	--
Almidones (%)	--	75
Acidez (%ácido láctico)	--	0,45

Fuente: NTC 1055

De manera adicional, las pastas alimenticias al huevo deberán tener un contenido mínimo de 150 g de huevo entero y sin cáscara por kilogramo de producto²³.

²³ NTC 1055, Industrias Alimentarias, Pastas alimenticias, definición del producto y características básicas

1.6.1 Características microbiológicas. Finalmente, las pastas alimenticias en todas las clases deberán cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Tabla 11. Requisitos microbiológicos para pastas alimenticias.

Microorganismo	N	C	m	M
NMP Coliformes /g	3	1	25	70
NMP Coliformes fecales/g	3	0	<3	--
<i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa +/g	3	1	100	200
Recuento de mohos y levaduras /g	3	1	4000	5000
Detección <i>salmonella</i> /25g	3	0	0	--

Fuente: NTC 1055²⁴

Donde:

NMP: Número más probable.

n: Número de muestras que se van a examinar.

m: Valor por debajo del cual un lote no se considera peligroso.

M: Valor por encima del cual se rechaza el lote.

C: Número máximo de muestras permitidas con resultados entre m y M.

La importancia de una calidad microbiológica adecuada, radica en los posibles riesgos a los que se expondrán los consumidores al ingerir el producto, de la misma forma, refleja las buenas o malas prácticas de manufactura que se tuvieron en cuenta durante su elaboración. Las principales especies microbianas a analizar en el producto terminado son:

- ***Staphylococcus aureus*.** Es una especie bacteriana inmóvil que carece de esporas. Grampositivas. Muy sensible a la acción del calor y de los desinfectantes. Su presencia o la de sus toxinas en los alimentos es signo evidente de falta de higiene. Una característica muy importante es que sus toxinas causan intoxicación cuando se ingieren con los alimentos.²⁵

²⁴ Ibid.

²⁵ MÜLLER, Gunther. Microbiología de los alimentos vegetales, Zaragoza (Esp.) 1981, Ed. Acribia.

- **Salmonella.** Es un género bacteriano, perteneciente a la familia Enterobacteriaceae integrado por gérmenes de forma bacilar, habitualmente móviles mediante flagelos, aunque existen mutantes inmóvil. El serotipo Salmonella pullorum - gallinarum es siempre inmóvil. Gramnegativos, aerobios-anaerobios facultativos, fermentan la glucosa con producción de gas. No fermentan la lactosa. Reducen nitratos a nitritos.²⁶

1.6.2. Características de calidad. Las características de calidad de la pasta alimenticia, determina el nivel de aceptación del producto en el mercado. Entre éstas se suelen considerar:

- **Color.** El color amarillo es el más apreciado. Indica que existen en el trigo de partida pigmentos carotenoides. Los colores rojizos o marrones se consideran desfavorables.
- **Aspecto.** Se consideran deméritos el agrietamiento y las manchas rojizas o marrones.
- **Textura.** Mantenimiento de una textura adecuada antes, durante y tras haber sido cocida la pasta.
- **Firmeza.** Resistencia moderada a la presión normal de los dientes (pasta “al dente”) tras la cocción. Cohesión de la pasta cocida debido a la existencia de gluten que forma una red.
- **Elasticidad.** Propiedad de recuperar la forma inicial tras una deformación provocada.
- **Pegajosidad.** Propiedad de adherirse tras la cocción a otros trozos de pasta o a otros ingredientes. Poca pérdida de sustancia en la cocción, durante la cual se libera parte de almidones y proteínas.²⁷

²⁶ PASCUAL, Ma. Del Rosario y Vicente. Microbiología alimentaria 2 ed. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Madrid (Esp.) 1999. Pág. 41 y 77.

²⁷ FELDER, Rivero Ángel, Enciclopedia de los Alimentos, pastas alimenticias, distribución y consumo, marzo, abril 2003

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de grado fue desarrollado en las instalaciones de la Planta Piloto de Cereales y Laboratorio de Química de la Universidad de La Salle Sede Norte donde se efectuó la fase experimental farinácea y los análisis fisicoquímicos. Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología y Bioanálisis de la empresa PHARMALACTEOS S.A. y las pruebas reológicas se realizaron en ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA.

2.1 MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS

La sémola, que se emplea en la elaboración de las pastas, es de trigo durum (canadiense No.1) proporcionada por INDUHARINAS, ubicado en la calle 15 No. 68 D - 63 en Bogotá

La harina de papa criolla (variedad yema de huevo), que se emplea, fue proporcionada por TACAY S.A., ubicado en la Cra. 53 No. 51-41 sur, en Bogotá.

2.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS PARA LAS MATERIAS PRIMAS

Para garantizar materias primas y producto final acorde a las Normativas correspondientes, fue indispensable realizar los siguientes análisis para determinar los valores de contenido.

A las materias primas principales (sémola de trigo y harina de papa criolla) empleadas en los ensayos, se les halló los contenidos de composición fisicoquímica según los métodos oficiales AOAC (Association of Official Analytical Chemist) y NTC (Normas Técnicas Colombianas); métodos enunciados en la tabla presentada a continuación.

Tabla 12. Métodos de análisis de materias primas

PRUEBA	HARINA PAPA CRIOLLA	SÉMOLA DE TRIGO
Humedad	A.O.A.C. 7.003/84	A.O.A.C. 7.003/84
Proteína	Kjeldahl-Gunning-Arnold	Kjeldahl-Gunning-Arnold
Carbohidratos	Felhing	Felhing
Cenizas	A.O.A.C. 7.009/84	A.O.A.C. 7.009/84
Tamaño de partícula	NTC 420	NTC 420

Las pruebas microbiológicas, sensoriales y reológicas, son específicas para el producto terminado; las fisicoquímicas, se cumplen tanto para las materias primas como para el producto terminado, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- **Humedad.** La determinación del contenido de agua de la materia prima y del producto terminado, se efectúa por el método de desecación en estufa, hasta obtener peso constante, análisis necesarios ya que su contenido alto en las harinas es crítico. La importancia de tener un contenido bajo o controlado de humedad en la harina de papa criolla se hace necesaria para el óptimo funcionamiento y manejo del producto, además del decisivo requisito de seguridad de no sobrepasar un contenido de humedad que permita el crecimiento de mohos u otros problemas microbiológicos²⁸.
- **Cenizas.** Se aplica en toda vez el mismo método de determinación de cenizas, dado que se encuentra establecido para todo tipo de producto alimenticio que no posea más del 50% de grasa, residuo resultante de una calcinación a 600°C durante 3 horas, previa incineración, pesado y cuantificado matemáticamente.
- **Proteína.** Se realiza un blanco y tres pruebas por muestra, por titulación por retroceso con hidróxido, previa digestión y destilación de las proteínas de la muestra en medio ácido.

²⁸ TURNBULL, Kill K. Tecnología de la elaboración de pasta y sémola. Acribia. Zaragoza (España), 2001

- **Carbohidratos.** Se emplea el método Felhing de titilación en caliente para las muestras y el blanco, este último, utilizando sacarosa. Se considera su importancia debido a que de él depende la capacidad de la mezcla para absorber agua, y por ende, determina las características físicas del producto.

- **Análisis granulométrico.** Ante la evidente diferencia de tamaño de partícula entre la sémola de trigo y la harina de papa criolla, siendo esta última más fina que la anterior, se procede a pulverizar ambas materias primas por separado, pero en el mismo molino, por intervalos de tiempo iguales, con el fin de tener materias primas con iguales tamaños de partícula y garantizar uniformidad en el producto elaborado, en cuanto más homogéneo es el tamaño de partícula, más uniforme es la hidratación de las materias primas en la mezcladora de pasta. Se toma una muestra de 100 gramos y se determina el tamaño de partícula por medio del método de tamizado en los tamices de la serie ASTM E-11 / 2004. Para este análisis, se utilizan los de malla: 60, 70, 80, 100, 120, 140, 170 y el colector.

2.3 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y FASES EXPERIMENTALES

Para poder llegar a una formulación patrón de una pasta alimenticia, se hace necesario realizar ensayos preliminares, para determinar las cantidades de cada una de las materias primas empleadas al igual que las condiciones básicas de proceso.

De esta manera se evalúan las características para escoger el patrón más adecuado para elaborar el producto con la sustitución de harina de papa criolla.

Una vez escogido el patrón mas adecuado para el desarrollo del producto se realizan las formulaciones para dar continuidad a la primera fase que consiste en ejecutar los ensayos (1 al 10) por duplicado, de la mezcla de las materias primas en las cantidades y porcentajes establecidos, aplicando pruebas cualitativas, con el fin de

determinar cuales son los ensayos que presentan mejores características, para proseguir con ellas a la etapa siguiente.

Indicadores cualitativos que se evalúan en los ensayos en la primera fase:

- **Comportamiento en el moje.** Características de la mezcla sémola - harina al adicionarle agua. En extremos, se puede presentar muy arenoso o con excesos de agua (no absorbida).
- **Moldeado.** Si la mezcla permite adoptar cualquier forma, característica inicialmente analizada de forma manual.
- **Plasticidad.** Característica de la masa que se relaciona con la cantidad de humedad absorbida por la combinación de las materias primas.

Agotado el procedimiento de la primera fase, se procede a la siguiente, en la que las mezclas seleccionadas afrontan la continuidad del proceso en desarrollo, siendo ellas las que se señalan a continuación:

- **Extrusión.** Formación de la masa en forma final deseada. Se realiza empleando el equipo amasador y extrusor GINDER MIXER PASTA MAKER de Norpor. Con un diámetro de 2.5 mm y longitud de 30 a 50 cm
- **Secado.** Eliminación de agua (reducción de humedad) por medio de la aplicación de una corriente de aire caliente. Utilizando un secador de bandejas.

A partir del resultado obtenido en las fases primera y segunda, se procede a seleccionar el mejor o los mejores ensayos para dar lugar al inicio de la tercera fase, en ella, se realiza la aplicación de pruebas reológicas.

Las propiedades reológicas de una masa juegan un papel importante en la calidad del producto y es necesaria su determinación para poder prever el comportamiento de los distintos tipos de harinas durante el proceso de la pastificación.

Las pruebas a tenerse en cuenta, deben ser las siguientes:

- **Curva Alveográfica.**²⁹ Se realiza con un alveógrafo, el cual determina el nivel de fuerza panadera (o trabajo de deformación), tenacidad (o presión máxima) y extensibilidad (o abscisa media a la ruptura) de las masas elaboradas con harinas destinadas al consumo humano; método de referencia AACC54-30 A y NTC 5053³⁰.
- **Curva de Consistograma.** Se lleva a cabo con un consistógrafo, y determina la consistencia de masa y su grado de absorción³¹

Los resultados de la tercera fase permiten corroborar el mejor ensayo que ha superado previamente y de la forma más satisfactoria las fases anteriores permitiendo la emisión de un juicio objetivo, estableciendo la mejor formulación pasta alimenticia tipo *spaghetti*, con contenido de harina de papa criolla en su formulación.

2.4 MÉTODO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA PASTA.

Se analiza y evalúa el comportamiento y las características de la pasta seca, seleccionada como el mejor o los mejores ensayos (segunda fase), por medio de pruebas de calidad en la cocción y comparándola con las características de una pasta alimenticia comercial. El análisis de calidad de las pastas alimenticias analiza la fortaleza frente a la cocción, cuyo alcance consiste en:

- **Porcentaje de absorción y sedimentación.** Con lo cual se determina la cantidad de agua absorbida y el sedimento formado por pérdida de sólidos durante la cocción.

²⁹ ENZIPAN, Lozada Leonardo, pruebas reológicas aplicadas a pastas alimenticias, disponible en: <http://www.enzipan.com.co/reologico.html>, Visitada 28 Junio 2008

³⁰ RODRIGUEZ, Moreno Omar, Curva alveográfica Pág. 3, ENZIPAN, 2008.

³¹ RABE, Michael. Stern Wywiol Gruppe, Alemania, disponible en: <http://www.muehlenchemie.de/espanol/know-how/glosario.html>, Visitada 28 Junio 2008

- **Firmeza de la pasta y tiempo de cocción.** Para estimar el tiempo máximo requerido para el completo cocimiento de la pasta, sin que esta pierda su forma

Se aplica la prueba de cochura (cocción), siguiendo el método normalizado en el laboratorio de análisis de alimentos, Departamento de Química, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional, Bogotá. Descrita por Bernal³² 1.6.4.3 Pág. 63. Consistente en la cocción durante 25 minutos de 50 g de pasta en 500 mL de agua y 2.5 g de cloruro de sodio (NaCl), posterior escurrido y pesado de la pasta, y medición del volumen de sedimentos durante 30 minutos, en una probeta de 500 mL.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y SENSORIALES AL PRODUCTO FINAL.

En el producto terminado, pasta seca extruida tipo *spaghetti*, elaborada con la mejor formulación seleccionada (tercera fase), se lleva a cabo la aplicación de pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, con el propósito de garantizar:

- Contenidos de humedad, cenizas, proteínas y carbohidratos totales. Verificación de sus contenidos acordes a lo establecido en la normativa técnica colombiana NTC 1055.
- Contenidos de carga microbiana que no pongan en riesgo la salud de los consumidores y que permitan estimar las condiciones higiénicas de las prácticas de manufactura que se emplean.

En el análisis fisicoquímico y microbiológico, se aplican los métodos expuestos en las tablas 13 y 14, respectivamente:

³² BERNAL, de Ramírez Inés. Análisis de alimentos, 3 ed. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogotá, 1998.

Tabla 13. Métodos de análisis fisicoquímicos en el producto final

Análisis	Método
Humedad	A.O.A.C. 7.003/84
Cenizas	A.O.A.C. 7.009/84
Proteína	Kjeldahl-Gunning-Arnold
Almidón	NTC 1055

Tabla 14. Métodos de análisis microbiológicos en el producto final

Análisis	Método
N.M.P. Coliformes / g	Brila 35°C / 24 - 48 Horas
N.M.P. Coliformes Fecales / g	Brila - Triptona 44.5°C / 48 Horas
Recuento <i>Staphylococcus Aureus</i>	Placas Petri Film
Recuento De Mohos y Levaduras, U.F.C. / g	Agar Ogy 25°C / 5 Días
Detección de <i>Salmonella</i> / 25 g	XLD, 35-37°C Pruebas Bioquímicas

Donde:

UFC: Unidad formadora de colonias.

NPM: Número más probable.

Finalmente, se lleva a cabo un análisis sensorial con el patrón y los ensayos escogidos en la segunda fase. Este análisis se realiza en dos etapas:

- **La primera etapa.** Comprende un control interno de calidad en el producto seco, en el cual se evalúa una combinación de atributos, siendo estos: la forma, la longitud, el color, el agrietamiento y rotura.
- **La segunda etapa.** Se aplica al producto preparado. Se lleva a cabo en un panel de degustación, en los cuales se evalúa: la textura (firmeza, elasticidad y pegajosidad), olor y sabor, y una valoración visual general del producto.

En esta etapa se pretende obtener una idea clara acerca de la formulación sensorialmente más aceptada por los consumidores; dicho panel esta conformado por una muestra aleatoria simple estratificada.

El cuestionario empleado es de tipo estructurado (Anexo 4), y está dividido en dos partes: en la primera se juzga la aceptación para cada uno de los parámetros (olor, color, apariencia, mordida, sabor, dureza al tacto, superficie al tacto y textura); donde las preguntas son de tipo cerrado con escala bipolar³³.

En la segunda parte se precisa la preferencia de los degustadores por uno de los productos, donde se pide calificar el producto según su criterio en malo, regular, bueno, muy bueno (escala unipolar). Por ultimo, se deja un espacio para las observaciones que el consumidor crea son convenientes.

El metodología a aplicar en el análisis de los resultados, corresponden al manejo de datos con el programa Statgraphics 5.1 plus. Se emplea el F-test en la tabla de ANOVA para comprobar la existencia de alguna diferencia significativa entre las medias. En el caso de la existencia de alguna de ellas, los Test de Rangos Múltiples indican las medias que son significativamente diferentes unas de otras.

Adicionalmente, se emplea el método de Kruskal-Wallis, en la presencia de valores atípicos, para comparar las medianas, en lugar de las medias. El test de Kruskal-Wallis prueba la hipótesis nula de igualdad de las medianas. Los datos primero se combinan y se ordenan de menor a mayor. Entonces se calcula el rango medio para los datos. Finalmente, se hallan la presencia o no, de las diferencias estadísticamente significativas entre las medianas a un nivel de confianza del 95,0%.³⁴

³³ POPE, Jeffrey. Investigación de Mercados. Colombia. Editorial Norma. 1984

³⁴ STATGRAPHICS. Test Kruskal-Wallis, Stat Advisor, version 5.1 plus, definiciones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso experimental, se desarrolla de forma ordenada y consecutiva, con respecto a lo planteado en el capítulo 2 de Materiales y Métodos, y de la misma manera se presentan a continuación.

3.1 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA SÉMOLA DE TRIGO Y LA HARINA DE PAPA CRIOLLA

Al realizar el análisis fisicoquímico (por triplicado, pruebas P1, P2 y P3) del contenido de humedad y cenizas; proteínas y carbohidratos totales, de la harina de papa criolla y la sémola de trigo, se obtienen los siguientes resultados, que se presentan respectivamente en las tablas 15 y 16 a continuación.

Tabla 15. Contenido de humedad y cenizas de la harina de papa criolla y la sémola de trigo.

	HUMEDAD (%)		CENIZAS (%)	
	Harina papa criolla	Sémola de trigo	Harina papa criolla	Sémola de trigo
P1	4.6604	12.6304	3.1616	0.5710
P2	4.6220	12.7207	3.2089	0.5889
P3	4.6928	12.9167	3.2513	0.6174
Resultado	4.6584 ± 0.03	12.7560 ± 0.14	3.2073 ± 0.04	0.5924 ± 0.02

Tabla 16. Contenido de proteínas y carbohidratos de la harina de papa criolla y la sémola de trigo.

	PROTEÍNAS (%)		CARBOHIDRATOS (%)	
	Harina papa criolla	Sémola de trigo	Harina papa criolla	Sémola de trigo
P1	6.1074	11.7620	73.3301	68.6238
P2	5.8977	11.6732	72.2085	70.9201
P3	6.0518	11.7409	73.8531	69.4020
resultado	6.0189 ± 0.08	11.7253 ± 0.03	73.1305 ± 0.68	69.6486 ± 0.95

A continuación se presenta un compendio de los resultados totales de la caracterización fisicoquímica de la sémola de trigo y su comparación con lo exigido por la Normativa Técnica Colombiana NTC 420.

Tabla 17. Composición de la sémola de trigo, vs. NTC 420

SÉMOLA DE TRIGO		
Compuesto	Contenido (%)	NTC 420
Humedad	12.75	Máximo 15.5
Ceniza	0.59	Máximo 1.2
Proteína (N*6.25)	11.72	Mínimo 9.0
Carbohidratos	69.64	
Granulometría	3.76	< 5% retenido malla 200 µm

Los contenidos de humedad, cenizas, proteína y el análisis de granulometría que se halla en la sémola de trigo, durante la caracterización inicial de las materias primas, en comparación con los contenidos que indica la NTC 420, muestra que éstos permanecen dentro de los parámetros de normalidad, los contenido que se hallan son adecuados, y permiten avanzar en el proceso experimental con plena seguridad acerca de la calidad de esta materia prima. El análisis completo de granulometría, se encuentra en el Anexo 7.

El contenido que se halla de carbohidratos totales en la sémola de trigo, es de 69.64%. En comparación con el dato teórico de la Tabla 5, equivalente a 67.5%, es posible considerar una sémola de trigo con un normal contenido de carbohidratos totales.

A continuación se presenta un compendio de los resultados totales de la caracterización fisicoquímica de la harina de papa criolla.

Debido a que no existe registro alguno a la fecha de caracterizaciones fisicoquímicas previas a esta materia prima, se compara con los respectivos contenidos de nutrientes en la harina de trigo expuestos en la Normativa Técnica Colombiana NTC 267, tal como se ve en la tabla 18 a continuación.

Tabla 18. Composición de la harina de papa criolla, vs. NTC 267 (harina de trigo)

	HARINA PAPA CRIOLLA	HARINA DE TRIGO
Compuesto	Contenido (%)	NTC 267
Humedad	4.65	Máximo 14
Ceniza	3.20	Máximo 0.7
Proteína (N*6.25)	6.01	Mínimo 10.5
Carbohidratos	73.13	

3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES SOBRE LA FORMULACIÓN INICIAL

3.2.1 Selección del Patrón. Siguiendo los parámetros establecidos inicialmente en el numeral 2.3, se procede a establecer una formulación estándar (patrón) a seguir.

Inicialmente, se desarrolla una formulación en la cual solo se emplea agua como componente de la parte no sólida de las pastas alimenticias, analizando el comportamiento de la mezcla al moje y posterior moldeo. A este patrón se le llama P1.

Se obtiene en P1 una mezcla de color blanco, con muy buena elasticidad, buen comportamiento al laminado, moldeable, plástica, muy elástica, con textura uniforme y bien humectada, sin embargo, carece del color característico que se buscaba obtener en el producto final. La formulación de dicho patrón se muestra en la tabla 19

Tabla 19. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 1 (P1)

P1 (PATRÓN SOLO AGUA)	
Ingredientes	Contenido (%)
Sémola de trigo	66,25
Huevo	0,00
Agua	31,68
Sal	0,53
Aceite	1,54

Con la idea de desarrollar un patrón que permita tener un punto de vista diferente, y con un mayor contenido de proteínas que el anterior, se lleva a cabo un nuevo patrón cuya formulación incluye huevo como la mayor fuente de parte no sólida de la pasta alimenticia, es así como se obtiene el segundo patrón, llamado P2 (tabla 20)

Tabla 20. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 2 (P2)

P2 (PATRÓN CON HUEVO)	
Ingredientes	Contenido (%)
Sémola de trigo	66,25
Huevo	27,90
Agua	3,78
Sal	0,53
Aceite	1,54

Se presenta en P2 una mezcla de color amarillo fuerte, sin gran elasticidad, textura muy seca, no presenta buen comportamiento al laminado, muy poco moldeable y sin plasticidad.

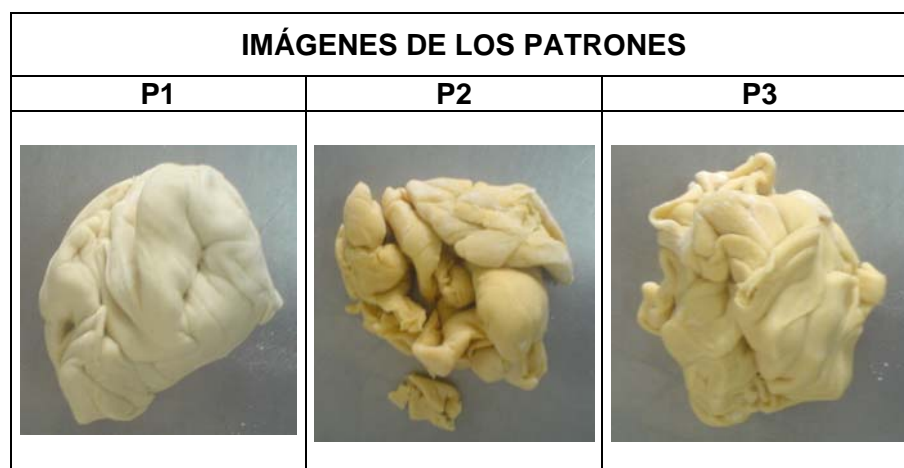
Finalmente, se desarrolla un tercer patrón, llamado P3, con el contenido de huevo necesario para ser considerado pasta al huevo (mínimo 15% huevo entero), siendo éste, el aportador de un mayor contenido de proteínas. P3 (tabla 21), cuenta también con un contenido de agua suficiente para tener excelentes características plásticas que permiten su moldeo y formación en *spaghetti*.

Tabla 21. Formulación de la masa con la que se elabora el patrón 3 (P3)

P3 (PATRÓN MITAD HUEVO, MITAD AGUA)	
Ingredientes	Contenido (%)
Sémola de trigo	66,25
Huevo	15,84
Agua	15,84
Sal	0,53
Aceite	1,54

Se presenta en P3 una mezcla de color amarillo tenue, con muy buena elasticidad, buen comportamiento al laminado, buena plasticidad, es moldeable, excelente absorción y textura homogénea, uniforme y bien humectada.

Imagen 1. Patrones P1, P2 y P3.



3.2.2. Ensayos Formulados (1 a 10). A partir de P3 se da lugar a una sustitución parcial consecutiva de sémola de trigo por harina de papa criolla, en diez ensayos (E), identificados en su orden del 1 al 10, tal como se presenta en la tabla 22 a continuación:

Tabla 22. Contenido en porcentaje de las materias primas de los ensayos formulados

	Sémola de trigo	Harina papa criolla	Agua	Sal	Aceite	Huevo	Total
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Patrón	66,25	0,00	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E1	64,81	1,44	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E2	63,84	2,41	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E3	62,88	3,37	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E4	61,92	4,33	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E5	60,96	5,29	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E6	60,00	6,25	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E7	59,03	7,22	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E8	58,07	8,18	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E9	57,11	9,14	15,84	0,53	1,54	15,84	100
E10	56,15	10,10	15,84	0,53	1,54	15,84	100

Con las formulaciones que se plantean para los ensayos 1 a 10, se procede a hacer pruebas por duplicado de 415,7 g cada una, con el fin de aplicar la primera y segunda fase. El contenido en peso (g) de las materias primas de los ensayos desarrollados, se presentan en la tabla 23 a continuación:

Tabla 23. Contenido en peso de las materias primas de los ensayos formulados

	Sémola de trigo	Harina papa criolla	Agua	Sal	Aceite	Huevo	Total
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
Patrón	275,4	0	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E1	269,4	6	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E2	265,4	10	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E3	261,4	14	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E4	257,4	18	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E5	253,4	22	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E6	249,4	26	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E7	245,4	30	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E8	241,4	34	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E9	237,4	38	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7
E10	233,4	42	65,85	2,2	6,4	65,85	415,7

Al aplicar las pruebas cualitativas que permiten determinar los ensayos con mejores características ante los indicadores de comportamiento al moje, moldeado y plasticidad. Se seleccionaron los ensayos E4, E5, E6, E7 y E8.

Las razones que nos llevaron a hacer tal elección fueron las siguientes:

- Excelente absorción de agua.
- Adecuado comportamiento a un moldeado manual inicial.
- Cualidades características de una pasta potencialmente extruible.

A continuación, se procede a desarrollar la segunda fase, consistente en la formación de la pasta, en la cual se le imprime la forma de *spaghetti* característica; adicionalmente se realiza un secado por corriente de aire caliente.

Debido a la capacidad nominal del extrusor (1 kg), para llevar a cabo la segunda fase, se opta por dar forma de *spaghetti* a la masa de los ensayos seleccionados, en la primera fase, mediante un proceso de laminación y corte.

Al aplicar las pruebas de la segunda fase, formado y secado, se hacen notables las diferencias entre los ensayos seleccionados previamente en la primera fase:

- **E4.** La masa presenta un comportamiento bueno al moldeado manual, sin embargo, en repetidas ocasiones, se pega en el rodillo durante el formado, razón por la cual no se elige como una mezcla apropiada para proseguir a la tercera fase.
- **E5.** Las características que presenta este ensayo durante su formado son muy buenas, a pesar de ello, se consideran los ensayos siguientes como los más apropiados a proseguir con la tercera fase.
- **E6 y E7.** Se eligen estos ensayos como los de mejores características físicas, no solo durante la primera fase, sino que además durante el formado y secado de la segunda fase, la consistencia que se obtiene es característica de las pastas alimenticias secas. Son los ensayos más adecuados aprobados durante ambas fases.
- **E8.** Después del secado de las pastas formadas con el ensayo 8, se procede a evaluar las cualidades propias de la misma, en la cual se observa una consistencia quebradiza atípica en las pastas alimenticias secas.

Con los ensayos E6 y E7, se elabora un lote adicional de 1,2 kg cada uno, los cuales se extruyen y secan, y posteriormente se les aplican pruebas que permiten evaluar la calidad del producto, y pruebas de composición fisicoquímica, y un posterior análisis sensorial, con el fin de determinar la mejor de las muestras evaluadas y proseguir con la aplicación a la misma de la tercera fase, consistente en las pruebas reológicas de curva alveográfica y curva de consistograma.

Las condiciones de proceso de los ensayos se resumen a continuación en la tabla 24

Tabla 24. Condiciones de proceso para los ensayos preliminares

Variables de Proceso	Tiempo (min.)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
Mezclado y Amasado	15	39	20
Extrusión y Moldeo	5 - 8	36	20
Secado	60 - 80	8 -10	65

Es posible apreciar las condiciones que se manejan durante el proceso, estos datos se tomaron de manera experimental durante el desarrollo de la pasta con el patrón 3.

El mezclado y amasado se debe realizar en un tiempo 15 minutos, ya que la pasta puede llegar a perder la capacidad emulsificante. La extrusión y moldeo debe ser una operación continua y de poca duración, entre 5 y 8 minutos para un lote de 1,2 kg. Para un secado apropiado por corriente de aire a 65°C, se requiere un tiempo aproximado de 80 minutos.

Las variables de humedad y temperatura son tomadas al inicio y final de cada proceso.

3.2.3 Pruebas reológicas. Posterior a la evaluación de comportamiento de los ensayos E6 y E7, a lo largo del desarrollo de la primera y segunda fase, y su composición fisicoquímica luego de los procesos de extruido y secado; y la prueba de cocción. Se elige entonces al ensayo E7 como una muestra con una formulación apropiada para la aplicación de las pruebas reológicas propias de la tercera fase.

La curva alveográfica (Anexo 2) se ejecuta bajo las siguientes condiciones.

Temperatura del laboratorio: 20,0 °C

Humedad: 13,5 %

Los resultados de la prueba aplicada a E7 son:

P	=	102 mm H ₂ O	{70,0 – 120,0} ³⁵
L	=	66 mm	{60,0 – 120,0}
G	=	18,1	
W	=	233 x 10 ⁻⁴ J	{200,0 – 330,0} x10 ⁻⁴
P/L	=	1,54	{0,80 – 1,80}

- **La Tenacidad de la masa.** (P = 102 mm H₂O) indica una optima resistencia al estiramiento, este valor obedece a la presión máxima necesaria para la deformación de la masa³⁶. Su valor numérico se encuentra en el rango normal propio de una mezcla para elaboración de pastas alimenticias.

Un valor de P cercano a 50 mm H₂O indica una mezcla apropiada para la elaboración de productos de panadería y/o galletería.

- **La Extensibilidad o abscisa media a la ruptura.** (L = 66 mm) es la media de abscisas en el punto de ruptura de la curva donde se aprecia claramente la caída de la presión.
- **El Índice de hinchamiento.** (G = 18,1) indica la media de los índices de hinchamiento, que correspondan a las abscisas de ruptura L, siendo el pico máximo de las curvas de la gráfica. Un valor de G cercano o menor a 10, indicaría la presencia de materias primas de baja calidad y con baja capacidad de absorción de humedad.
- **La Fuerza panadera o trabajo de deformación.**³⁷ (W = 233 x 10⁻⁴ J) refleja la capacidad que ofrece la masa al trabajo mecánico, determinada por área de la curva alveográfica. En este caso, el valor numérico obtenido indica que esta mezcla (E7) posee un gluten intermedio, ya que se encuentra dentro del rango de

³⁵ ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA. Laboratorio de control de calidad, harinas y cereales. Pastas alimenticias, caracterización reológica.

³⁶ RODRIGUEZ, Moreno Omar, Curva alveográfica Pág. 3, ENZIPAN, 2008.

³⁷ Ibid, pág. 4

200 a 330×10^{-4} J.³⁸ lo cual da una buena calidad para un proceso de pastificación; la relación P/L (Tenacidad/Extensibilidad) fue de 1,54 demostrando que el material reunió las condiciones reológicas óptimas según los parámetros industriales empleados para la producción de pastas alimenticias³⁹ que garantizan el adelanto de procesos mecánicos implicados en la elaboración de pastas alimenticias.

La curva de consistograma que se aplica a E7, se lleva a cabo para determinar la consistencia de la masa y su grado de absorción.

En su gráfica (Anexo 2), se puede observar la presión (en mbar) a la cual se somete la mezcla durante la hidratación, a medida que transcurre el tiempo (segundos), en la línea de color rojo.

De la misma manera, se traza una curva ideal de la masa en dichas condiciones de proceso (línea de color verde).

Los resultados de la prueba son:

Presión máxima: 3158 mbar

Porcentaje de agua en el medio: 58,0%

Porcentaje de agua absorbida: 55,5%

Los resultados de esta prueba indican una consistencia apropiada de la masa, resistente a una presión de hasta 3158 mbar y un grado de absorción muy bueno, estos valores son apropiados para materias primas o mezcla de ellas, destinadas a elaborar pastas alimenticias extruidas.

³⁸ COCA, Alvaro; AYALA, Gladis; FAJARDO, Luciano. Curso Métodos Analíticos de Tecnología en Cereales Menores. ICA. 1998.

³⁹ GALINDO, Olga; RODRIGUEZ, Yamile. Elaboración de pasta tipo *Spaghetti* mediante la sustitución de almidón de achira a la sémola de trigo. Universidad de la Salle, Ingeniería de Alimentos, 2000

La grafica de la curva alveográfica, al igual que la curva de consistograma, se presentan en el anexo 2, al final del trabajo.

Todos los resultados de estas pruebas reológicas indican que la mezcla de materias primas formuladas en E7, tiene características propias de una mezcla destinada a procesos de pastificación. Con ella es posible la obtención de productos de muy buena calidad.

3.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CALIDAD DE LA PASTA POR PRUEBA DE COCCIÓN.

La calidad de la pasta seca extruida elaborada con las formulaciones propias de E6 y E7, se comparan con una pasta comercial, a partir de la aplicación de una prueba de cocción, en la cual se analiza y evalúa la consistencia de la pasta y/o aspecto físico; porcentaje de agua absorbida y porcentaje de sedimento, posterior al tratamiento.

Los resultados del porcentaje de agua absorbida y de sedimento, se presentan en la tabla 25 a continuación:

Tabla 25. Porcentaje de agua absorbida y de sedimento en la muestra comercial, E6 y E7.

Pasta	P1 (g)	P2 (g)	V (mL)	Agua absorbida (%)	Sedimento (%)
Comercial	50	174.5	35	249	70
E6	50	188.7	54	277.4	108
E7	50	190.2	58	280.4	116

La pasta alimenticia comercial tipo *spaghetti* que se usa en esta prueba es Doria al Huevo. Su consistencia, posterior al tratamiento de cocción, es característica, no se presenta desintegración de los *spaghetti*, ni ruptura o agrietamiento de los mismos.

La consistencia de las pastas E6 y E7, bajo las mismas condiciones, presentan resultados similares, son pastas endebles, pero que conservan su forma y longitud inicial, no se desintegran y presentan poco agrietamiento.

El resultado del porcentaje de sedimento, oscila entre 108 y 116. En pastas de baja calidad⁴⁰, el porcentaje de sedimentación excede el 300%, por lo cual, los resultados que se obtienen corresponden a una pasta de buena calidad.

Las pastas alimenticias tipo *spaghetti*, absorben por lo menos dos veces su peso original en agua, durante el proceso de cocción, los datos obtenidos de porcentaje de agua absorbida permanece en todos los casos, dentro del rango de normalidad que se espera obtener.

3.4 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL AL PRODUCTO FINAL.

3.4.1 Resultado de análisis microbiológico. A continuación se presentan los resultados de los análisis que se aplican a los productos finales (pasta seca); el análisis microbiológico se hace solo a E7, pues se realiza al final de las tres fases experimentales. Los análisis fisicoquímico y sensorial se hacen a E6 y E7, además del patrón de pastas, presente en el proceso como punto de referencia.

Los resultados de las pruebas microbiológicas que se aplican a E7, se presentan en la tabla 26 a continuación; el reporte del laboratorio se encuentra en el Anexo 3. El número de muestras que se analizan son 3:

Tabla 26. Resultado del análisis microbiológico de E7

ANÁLISIS	RESULTADOS	LIMITES
Coliformes totales NMP/g	28	Máx. 70
<i>Escherichia coli</i>	< 3	< 3
Recuento Hongos y Levaduras UFC/g	2.800	Máx. 5.000
<i>Salmonella</i> /25 g	NEGATIVO	NEGATIVO
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 100	Máx. 200

Fuente: Bio análisis – PHARMALACTEOS S.A. (ver Anexo 3)

⁴⁰ BERNAL, Inés. Análisis de Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Santafé de Bogotá. 1993.

Los resultados microbiológicos que se obtienen indican una práctica de manufactura adecuada para el producto que se desarrolla. La carga microbiana se encuentra entre los rangos de normalidad que establece la NTC 1055.

El producto es apto para su consumo.

3.4.2 Resultado del análisis fisicoquímico. El resultado del análisis fisicoquímico que se realiza en las pastas secas E6, E7 y el patrón, en cuanto a humedad, cenizas, proteínas y carbohidratos, se expone en las tablas 27 y 28 que se presentan a continuación.

Tabla 27. Contenido de humedad y cenizas de las pastas secas: patrón, E6 y E7.

	Humedad (%)			Cenizas (%)		
	Patrón	E6	E7	Patrón	E6	E7
P1	8.6478	9.2102	9.7067	1.3059	1.3951	1.5739
P2	8.5556	9.1540	9.7111	1.3299	1.4472	1.5945
P3	8.5903	9.1978	9.6896	1.3141	1.4208	1.5877
Resultado	8.597 ± 0.04	9.187 ± 0.02	9.702 ± 0.01	1.316 ± 0.01	1.421 ± 0.02	1.585 ± 0.01

Tabla 28. Contenido de proteínas y carbohidratos de las pastas secas: patrón, E6 y E7.

	Proteínas (%)			Carbohidratos (%)		
	Patrón	E6	E7	Patrón	E6	E7
P1	13,4782	11,8139	11,5004	72,5642	70,0127	68,3750
P2	13,2967	11,7632	11,4307	73,0124	69,5586	67,8934
P3	13,3881	11,8365	11,6275	72,7631	68,9421	68,1849
Resultado	13,387 ± 0.09	11,804 ± 0.03	11,519 ± 0.09	72,779 ± 0.22	69,504 ± 0.53	68,151 ± 0.24

Con el propósito de verificar el contenido de proteínas y carbohidratos en los ensayos (E6 y E7) y del patrón, y de establecer el cumplimiento o no de los contenidos que establece la normativa colombiana NTC 1055. Se elabora la tabla 29 que se presenta a continuación.

Tabla 29. Contenido en porcentaje de proteínas y carbohidratos del patrón y los ensayos, como pastas frescas y secas.

	Sémola de trigo	Harina papa criolla	Huevo	Aporte proteínas (%)		Aporte carbohidratos (%)	
	(%)	(%)	(%)	frescos*	Secos	frescos*	Secos
Patrón	66,25	0,00	15,84	9,847	11,387	46,137	72,779
E1	64,81	1,44	15,84	9,765	--	46,187	--
E2	63,84	2,41	15,84	9,710	--	46,221	--
E3	62,88	3,37	15,84	9,655	--	46,254	--
E4	61,92	4,33	15,84	9,600	--	46,288	--
E5	60,96	5,29	15,84	9,545	--	46,321	--
E6	60,00	6,25	15,84	9,491	11,804	46,355	69,504
E7	59,03	7,22	15,84	9,435	11,519	46,388	68,151
E8	58,07	8,18	15,84	9,380	--	46,422	--
E9	57,11	9,14	15,84	9,326	--	46,455	--
E10	56,15	10,10	15,84	9,271	--	46,489	--

*Datos hallados de manera teórica, a partir de los contenidos de estos nutrientes en las materias primas

En todas las muestras analizadas, se cumple la NTC 1055 de requerimientos mínimos y/o máximos de los nutrientes que se analizaron en pastas secas, siendo las cenizas su gran excepción. De manera más clara se presenta en la tabla 30 que se expone a continuación:

Tabla 30. Composición química de las pastas secas patrón, E6 y E7 vs. NTC

Compuesto	NTC 1055	Patrón (%)	E6 (%)	E7 (%)
Humedad	Máx. 13%	8,6	9,1	9,7
Cenizas	Máx. 1,2%	1,3	1,4	1,5
Proteínas	Min. 10,5%	13,3	11,8	11,5
Carbohidratos	Máx. 75%	72,7	69,5	68,1
Acidez (ácido láctico)	Máx. 0,45 %	0,18	0,22	0,20

3.4.3 Resultado de análisis sensorial. El resultado del análisis sensorial durante su primera etapa, que se aplican al patrón y los ensayos escogidos en la segunda fase de experimentación (E6 y E7), la cual comprende un control interno de calidad a las pastas secas, es:

- **Forma.** En general, los productos tienen la forma característica de una pasta tipo *spaghetti*, son alargados y delgados.
- **Longitud.** En general, la longitud de las pastas secas extrudidas son de 25 cm \pm 1 cm, y el diámetro es de 1,5 mm \pm 0,5 mm.
- **Color.** La pasta seca es crema para la elaborada con el patrón de sémola; las elaboradas con la masa de los ensayos, presentan un color amarillo pálido.
- **Agrietamiento.** Se presentan algunas tiras de pasta seca con agrietamiento, número que no supera el 10%.
- **Rotura.** El producto tiene una relativa facilidad a la rotura, no implica mayor esfuerzo para ello.

Para el desarrollo de la segunda etapa del análisis sensorial, se aplica un análisis estadístico a los resultados obtenidos en el panel de degustación con los productos se preparan en cocción durante 15 minutos con adición del 5% del peso de la pasta seca inicial en NaCl.

Los participantes del panel se clasifican por género y en partes iguales; 70 personas, 50% hombres y 50 % mujeres. Al estratificarse por edades, da como resultado en los hombres un mayor porcentaje de participación (39%) entre los 20 y 30 años. Mientras en las mujeres, el mayor porcentaje de participación (46%) es entre los 30 y 40 años.

Los resultados del análisis sensorial que se evalúan con el programa Statgraphics 5.1 plus, emplean el F-test en la tabla de ANOVA para comprobar la existencia de alguna diferencia significativa entre las medias. Adicionalmente, se emplea el método de Kruskal-Wallis, en la presencia de valores atípicos, para comparar las medianas.

Los resultados que se obtienen en cuanto a las diferencias significativas entre las medias, de las tres formulaciones que se evalúan (patrón, E6 y E7), con un nivel de confianza del 95%, se presentan en la tabla 31 a continuación.

Tabla 31. Diferencias significativas entre las medias de las 3 formulaciones que se evalúan

Parámetro	Probabilidad	Diferencias significativas
Olor	0,843	No Significativo
Color	0,934	No Significativo
Apariencia	0,003	SI Significativo
Mordida	0,001	SI Significativo
Sabor	0,001	SI Significativo
Dureza	0,002	SI Significativo
Superficie	0,982	No Significativo
Textura	0,939	No Significativo
Calificación	0,985	No Significativo

Para los parámetros **olor, color, superficie, textura y calificación**; el valor numérico de F-ratio son menores a 0,05 lo que indica que NO HAY DIFERENCIA ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVA entre las medias de las 3 variables a un intervalo de confianza del 95,0%. La ausencia de diferencias significativas se debe a que son parámetros muy característicos entre las pastas alimenticias, y no varían mucho entre las tres formulaciones que se evalúan; es decir, en estos parámetros, los ensayos evaluados presentan características de alta similitud con respecto a una pasta comercial, representada por la formulación del patrón.

Los parámetros **apariencia, mordida, sabor y dureza**; SI PRESENTAN DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS, lo que significa que en los ensayos evaluados, éstas características presentan diferencias considerables con respecto a la pasta comercial, representa por la formulación del patrón. Se considera que gracias al contenido de harina de papa criolla en las formulaciones analizadas, se confieren características organolépticas particulares que las diferencian de una pasta común.

Estadísticamente, se determina a E7 como el ensayo de mayor aceptación por parte del panel sensorial. (Anexos 5 y 6)

En cuanto a las características físicas, analizadas en el panel sensorial, de mayor tendencia. Para el ensayo de mayor aceptación (E7) se obtienen los resultados que se presentan a continuación en la tabla 32.

Tabla 32. Resultados generales del panel de degustación para E7

CARACTERISTICAS	RESULTADO
Olor	Olor ligero
Color	Crema
Apariencia	Contornos suaves
Mordida	Firme al paladar
Sabor	Sabor característico
Dureza al Tacto	Firme
Superficie al Tacto	Suelta
Textura	Medianamente elástica
Calificación General	Bueno

La calificación general, muestra a E7 como una muestra con características sensoriales propias que goza de muy buena aceptación. Pues las características que presentan diferencias estadísticamente significativas, son las escogidas por los consumidores como las más apropiadas para la pasta alimenticia, y en comparación con el ensayo E6, el ensayo E7 posee mejores características de aceptación por parte del panel sensorial.

Los datos completos y detallados del resultado del análisis estadístico que se obtiene mediante el programa Statgraphics 5.1 plus, se encuentran en el anexo 5.

3.4 BALANCE DE MATERIA

El valor total de la alimentación (materias primas) que entran al proceso es 1200 g, durante la realización de los procesos que implica el desarrollo del producto, se tienen en cuenta las siguientes pérdidas, determinadas por la toma de pesos al inicio y final de cada operación.

- **Mezclado y amasado.** 80 g de pérdidas en el proceso.

Perdidas naturales de humedad, y las que se deben a la mezcladora.

- **Extrusión.** 180 g de pérdidas en el proceso.

Estas pérdidas obedecen a la cantidad de masa que se aloja en el extrusor, durante el formado del *spaghetti*, además del descarte de los gramos iniciales, pues carecen de la estructura física característica que se busca obtener.

- **Secado.** 160 g de pérdidas en el proceso.

Como finalidad en este proceso, se pierde una cantidad considerable de agua durante el secado a 65°C durante 80 min.

El rendimiento total de la producción de E7 es de 65%, se considera un valor muy bueno, teniendo en cuenta las considerables perdidas que usualmente se generan durante los procesos de extrusión y secado, aproximadamente del 22% en cada uno, para lotes pequeños. La práctica se lleva a cabo con gran precisión durante todas las etapas que comprende el proceso.

Los cálculos pertinentes al balance de materia (general y por proceso) se encuentran en el Anexo 1, al igual que los cálculos correspondientes al rendimiento de la producción.

A continuación se presenta un resumen del balance de materia para cada operación realizada (Tabla 33)

Tabla 33. Resumen del balance de materia en cada operación.

OPERACIÓN	MATERIAL	ENTRA (g)	SALE (g)	PERDIDA (g)
mezclado y amasado	sémola de trigo	708,36	1120	0
	harina papa criolla	86,64		
	huevo	190,08		
	aceite	18,48		
	sal	6,36		
	agua	190,08		
extrusión y moldeo	masa	1120	940	180
secado	masa	940	780	160

CONCLUSIONES

- Es posible la sustitución de sémola de trigo por harina de papa criolla en la formulación de una pasta alimenticia tipo *spaghetti*. De manera experimental se ha determinado que el valor más apropiado de dicha sustitución es de 7,22%, ya que ofrece un producto con muy buenas características sensoriales y con contenidos de composición que permanecen en los rangos que señala la NTC 1055 para pastas alimenticias secas.
- Las propiedades de la masa con formulación de E7, que se evaluaron con pruebas cualitativas de calidad, pruebas de comportamiento durante el mezclado, extruido y secado, propias de un proceso de pastificación, y finalmente, las pruebas reológicas de curvas de alveograma y consistograma arrojaron resultados que en todos los casos permiten la estimación de la formulación de este ensayo, como una mezcla de materias primas adecuada para el desarrollo de productos alimenticios tipo pasta.
- El proceso de formado de *spaghetti* mediante extrusión, imprime al producto mejores características que el formado mediante laminación y corte, tal como se ve reflejado en los resultados de evaluación de calidad mediante la prueba de cocción, en donde se obtiene mejor consistencia y características similares a una pasta comercial.
- La harina de papa criolla cuenta con un contenido de cenizas, es 4,5 veces superior al límite que determina la NTC 267 a al contenido de éste en la harina de trigo. Es por esta razón, que en una formulación de pasta alimenticia que sustituye un porcentaje de sémola de trigo por harina de papa criolla, sus contenidos de minerales aumenta.

- En busca de una pasta con mejores características de color y plasticidad, se desarrolla un producto denominado al huevo, ya que tiene un contenido inicial de huevo entero superior al 15% en fresco.
- Debido al desarrollo de una pasta con estas materias primas, es posible considerar la obtención de un producto de muy buena calidad. Conclusión avalada por los resultados obtenidos durante las pruebas de calidad en cocción y sedimentación, que posicionan al producto en un rango de normalidad esperado.
- El rendimiento obtenido fue de 65%, dicho dato genera un indicio del desarrollo una serie de procesos aplicados con eficiencia y cuidado. En una extrapolación a un nivel industrial es de suma importancia aplicar los procesos de forma similar, ya que se reducen las perdidas para la empresa.

RECOMENDACIONES

- Es importante la implementación de buenas prácticas de manufactura en la elaboración de todo tipo de productos farináceos que incluyan huevo en su formulación, ya que implica un alto riesgo de contaminación microbiana.
- Se recomienda el aprovechamiento de la caracterización hecha de las propiedades fisicoquímicas de la harina de papa criolla, en cuanto a contenidos de humedad, cenizas, proteína y carbohidratos, para futuras experimentaciones y/o aplicación al desarrollo de otro tipo de productos farináceos.
- Para la elaboración de pastas alimenticias tipo *spaghetti*, se sugiere un formado mediante un proceso de extrusión, ya que confiere al producto final mejores características físicas y de calidad que los elaborados en un proceso de laminación y corte.

BIBLIOGRAFIA

BADUI, Salvador D. Química de los Alimentos. México. Editorial Alhambra. 1984.

BERNAL, de Ramírez Inés. Análisis de alimentos, 3 ed. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales. Bogota, 1998.

BERNAL, Inés. Análisis de Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Santafé de Bogotá. 1993

BONIERBALE, M, Recursos Genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro, suplemento revista latinoamericana de la papa, 2004.

CHARLEY, Helen. Preparación de Alimentos, su tecnología. México. Ediciones Orientación. 1990.

CHARLEY, Helen. Tecnología de Alimentos. Procesos Físicos y Químicos. España. Acribia. 1991

COCA, Alvaro; AYALA, Gladis; FAJARDO, Luciano. Curso Métodos Analíticos de Tecnología en Cereales Menores. ICA. 1998

FELDER, Rivero Ángel, Enciclopedia de los Alimentos, pastas alimenticias, distribución y consumo, marzo, abril 2003

GALINDO, Olga; RODRIGUEZ, Yamile. Elaboración de pasta tipo *Spaghetti* mediante la sustitución de almidón de achira a la sémola de trigo. Universidad de la Salle, Ingeniería de Alimentos, 2000

GÓMEZ, Mario. Teoría y Práctica de la Elaboración del Pan. Talleres Copiloto. Bogotá. 1993

HOSENEY, Carl. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. España. Editorial Acribia. 1991

MÜLLER, Gunther. Microbiología de los alimentos vegetales, Zaragoza (Esp.) 1981, Ed. Acribia.

ICONTEC, Norma Técnica Colombiana, NTC 420. Especificaciones para la Sémola de trigo.

ICONTEC, Norma Técnica Colombiana, NTC 1055, Industrias Alimentarias, Pastas alimenticias, definición del producto y características básicas

PASCUAL, Ma. Del Rosario y Vicente. Microbiología alimentaria 2 ed. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Madrid (Esp.) 1999.

PLAISTED, R. (1982), «Papa» W. Fehr & H. Hadley, *Hybridization of Crop Plants.*, 483-494, Sociedad Americana de Agronomía, Crop Science Society of America.

POPE, Jeffrey. Investigación de Mercados. Colombia. Editorial Norma. 1984

QUAGLIA, Giovanni. Ciencia y Tecnología de la Panificación. España. Editorial Acribia. 1991.

FEDEPAPA, Revista Papa. Variedades Colombianas de papa. N°19. 1999

RODRIGUEZ, Moreno Omar, Curva alveográfica Pág. 3, ENZIPAN, 2008.

TURNBULL, Kill K. Tecnología de la elaboración de pasta y sémola. Acribia. Zaragoza (España), 2001

ANEXO 1

Balance de materiales

➤ Balance durante las operaciones de mezclado, amasado, extrusión y moldeo.

A. Sémola = 708.36 g

B: Harina de papa criolla= 86.64 g

C: Huevo = 190,08 g

D: Aceite = 18.48 g

E: Sal = 6,36 g

F: Agua = 190,08g

Para trabajar unidades homogéneas fue necesario calcular las densidades de:

Agua = 1 g/cm³

Huevo = 1,05 g/cm³

Aceite = 0,945 g/cm³

BASE DE CÁLCULO: 1200 g

Ecuación General:

$$A+B+C+D+E+F = G$$

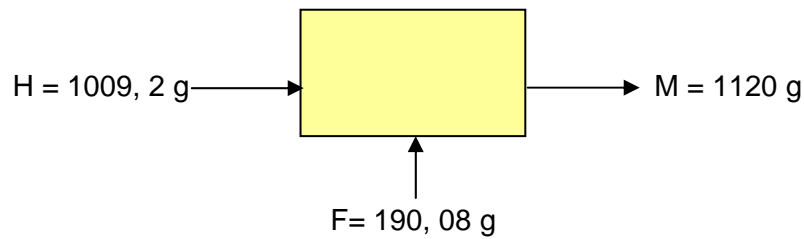
Para sintetizar términos se empleó la siguiente ecuación auxiliar:

$$A+B+C+D+E = H$$

Donde:

H = es equivalente a los sólidos en la mezcla.

➤ **Balance durante el mezclado y amasado.**



$$H + F = G$$

$$1009,2 \text{ g} + 190,08 \text{ g} = 1200 \text{ g}$$

$$G = 1200 \text{ g}$$

$$P = G - M$$

$$P = 1200 \text{ g} - 1120 \text{ g}$$

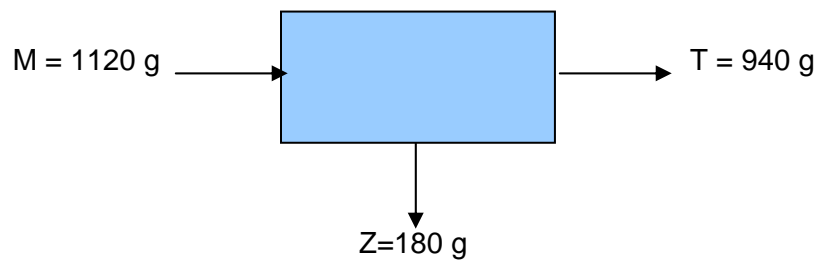
$$P = 80 \text{ g}$$

Donde:

P = Pérdidas

M = Cantidad en gramos a la salida de la mezcladora

➤ **Balance durante la Extrusión y Moldeo.**



$$M - Z = T$$

$$1120 \text{ g} - 180 \text{ g} = 940 \text{ g}$$

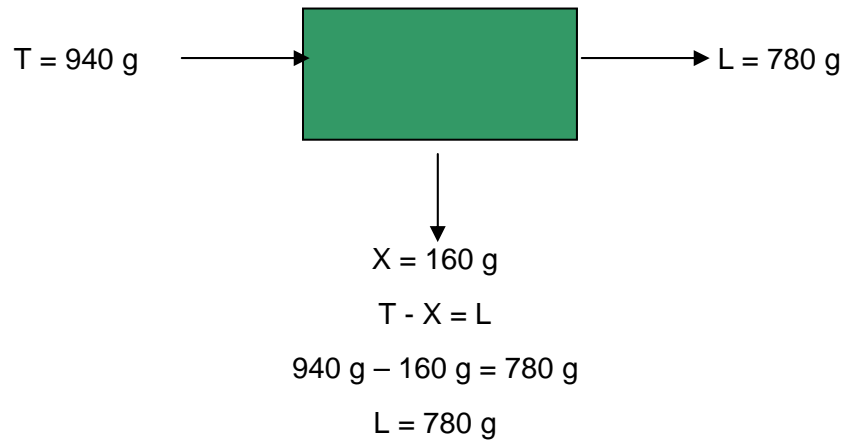
$$T = 940 \text{ g}$$

Donde:

Z = Perdidas

T = Cantidad en gramos a la salida del extrusor

➤ **Balance durante el secado.**

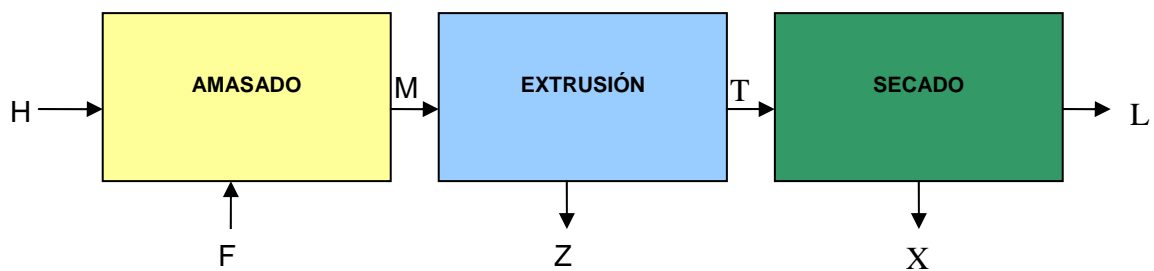


Donde:

X = Cantidad de agua evaporada.

L = Pasta seca.

BALANCE GENERAL



DONDE:

H = Sólidos en la mezcla.	= 1009,2 g
F = Agua utilizada	= 190,08 g
M = Cantidad en gramos a la salida de la mezcladora	= 1120 g
Z = Perdidas en la extrusión	= 180 g
T = Cantidad en gramos a la salida del extrusor	= 940 g
X = Cantidad de agua evaporada.	= 160 g
L = Pasta seca	= 780 g

RENDIMIENTO

El rendimiento de la producción se calculó de la siguiente forma:

$$RENDIMIENTO.(%) = \frac{peso.final}{peso.inicial} * 100$$

$$RENDIMIENTO.(%) = \frac{780g}{1200g} * 100 = 65\%$$

Donde:

Peso final = corresponde al peso de la pasta obtenida después de haber realizado las operaciones de amasado, extrusión y secado.

Peso inicial = corresponde al peso de la masa antes de ser sometida a las operaciones de amasado, extrusión y secado.

ANEXO 2

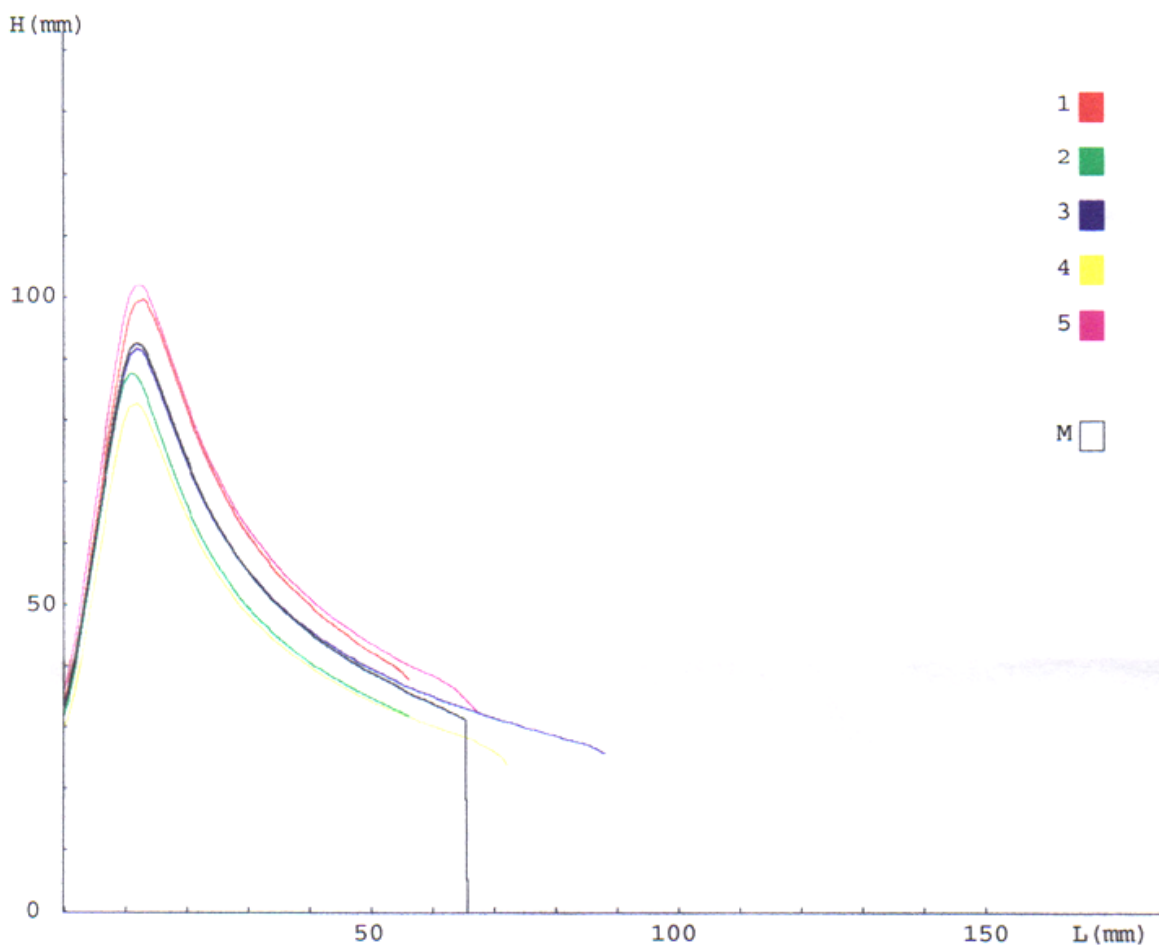
Pruebas reológicas

ALVEOLINK NG

ALVEO HC

CHOPIN

ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA. CARRERA 41 N.69 52 BOGOTA. TEL 314 34 35		JUAN C VARELA	
FECHA:06/18/2008 HORA: 11:08 am		REFERENCIA MUESTRA : 5847 NOMBRE DE FICHERO : 06183906A108	
PARAMETROS TEMP.LABO: 20.0 °C HIGRO.LABO.: 67.0 % HARINA : MEZCLA MOLINO :VARELA HUMEDAD : 13.50 % PROTEINAS: I.CAIDA : A.D. : ABSORCION: ZELENY : CENIZAS : EXTRAC. : GLUTEN :		RESULTADOS P = 102 mmH2O L = 66 mm G = 18.1 W = 233 10E-4J P/L = 1.54 Ie = 49.6 % W(30) = 136 10E-4J	
COMENTARIOS SEMOLA H. PAPA CRIOLLA <div style="text-align: right;">V:d1.13C+5.3</div>			



ALVEOLINK NG

CONSISTO HC

CHOPIN

ENZIPAN DE COLOMBIA LTDA.
CARRERA 41 N.69 52
BOGOTA.
TEL 314 34 35

JUAN C VARELA

FECHA:06/18/2008
HORA: 10:17 am

REFERENCIA MUESTRA : 5847
NOMBRE DE FICHERO : 06183902A408

PARAMETROS

TEMP.LABO: 20.0 °C HIGRO.LABO.: 69.0 %
HARINA : MEZCLA MOLINO :VARELA
HUMEDAD : 13.50 %
PROTEINAS: I.CAIDA :
A.D. : EXTRAC. :
ZELENY :
CENIZAS : WA =85.8 % MS
GLUTEN : HYDHA =82.9 % MS

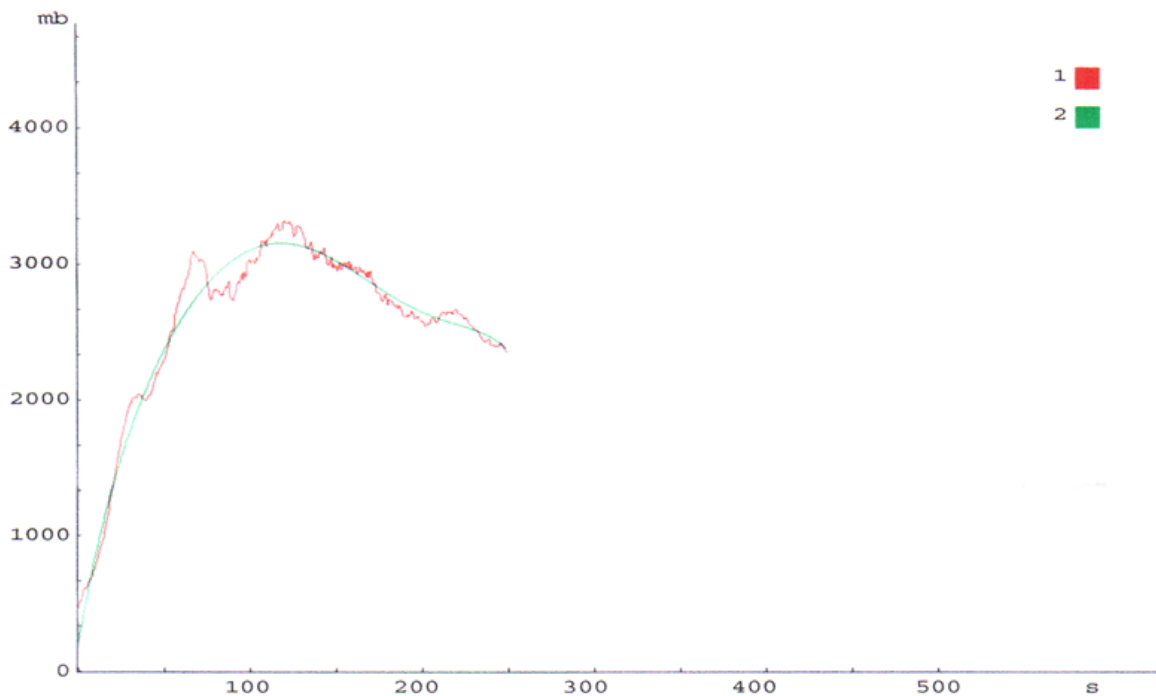
RESULTADOS

H2O = 13.50%
PrMax = 3158 mb
Wa = 58.0 % b 15
HYDHA = 55.5 % b 15

METODICA : CHOPIN
SEMOLA H.PAPA CRIOLLA

PrMax MINI : 0 PrMax OBJET. : 2200

V:d1.13C+5.3



Anexo 4

Formulario de evaluación sensorial para pastas alimenticias

Fecha: ____/____/____

Sexo: F _____ M _____

Edad: 20-30 años ____ 31-40 años ____ 41-50 años ____ 51 o más años ____

En el siguiente formulario se presentan tres tipos de pasta para evaluar, según su criterio y gusto señale las características del producto; marque con una X el parámetro que usted juzgue conveniente.

PARÁMETRO / ENSAYO					
COLOR	Blanco	Blanco brillante	Blanco crema	Crema	Amarillo cremoso
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
OLOR	No hay olor	Olor ligero	Olor moderado	Olor intenso	Olor característico
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
SABOR	Sin sabor	Sabor a viejo	Sabor ligero	Sabor moderado	Sabor característico
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					

MORDIDA	Muy blanda al paladar	Blanda al paladar	Medianamente blanda al paladar	Firme al paladar	Dura al paladar
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
SUPERFICIE AL TACTO	Poco pegajosa	Pegajosa	Muy pegajosa	Grasosa	Suelta
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
TEXTURA	Sin elasticidad, se rompe	Poco elástica	Medianamente elástica	Elástica, no se rompe	
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
APARIENCIA	Deformada	Flácida	Rugosa	Lisa	Contornos suaves
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					
DUREZA AL TACTO	Muy blanda	Ligeramente blanda	Moderadamente blanda	Firme	Moderadamente dura
PATRÓN SÉMOLA					
E6					
E7					

CALIFICACIÓN

EN GENERAL COMO LE PARECIÓ EL PRODUCTO		Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
	PATRÓN SÉMOLA				
	E6				
	E7				

OBSERVACIONES

GRACIAS

ANEXO 5

Análisis estadístico
Statgraphics

COLOR

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 6,0 hasta 22,0

Muestra 2: 5 valores 4,0 hasta 24,0

Muestra 3: 5 valores 5,0 hasta 26,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	650,0	12	54,1667		
Total (Corr.)	650,0	14			

El StatAdvisor

El F-ratio, que en este caso es igual a $-1,04942E-15$, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	8,6
ENSAYO 7	5	7,7
ENSAYO 6	5	7,7

Estadístico = 0,135242 P-valor = 0,934615

OLOR

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 8,0 hasta 28,0

Muestra 2: 5 valores 10,0 hasta 21,0

Muestra 3: 5 valores 8,0 hasta 24,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	500,0	12	41,6667		
Total (Corr.)	500,0	14			

El StatAdvisor

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	7,1
ENSAYO 7	5	8,7
ENSAYO 6	5	8,2

Estadístico = 0,341091 P-valor = 0,843205

SABOR

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 0,0 hasta 25,0

Muestra 2: 5 valores 0,0 hasta 26,0

Muestra 3: 5 valores 0,0 hasta 25,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,533333	2	0,266667	0,00	0,001
Intra grupos	1139,2	12	94,9333		
Total (Corr.)	1139,73	14			

El StatAdvisor

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,00280899, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior o igual a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	8,0
ENSAYO 7	5	8,1
ENSAYO 6	5	7,9

Estadístico = 0,00505415 P-valor = 0,001

MORDIDA

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 5,0 hasta 23,0

Muestra 2: 5 valores 0,0 hasta 27,0

Muestra 3: 5 valores 6,0 hasta 21,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	0,001
Intra grupos	794,0	12	66,1667		
Total (Corr.)	794,0	14			

El StatAdvisor

El F-ratio, que en este caso es igual a $-8,59094E-16$, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior o igual a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	7,9
ENSAYO 7	5	8,1
ENSAYO 6	5	8,0

Estadístico = 0,00501792 P-valor = 0,001

SUPERFICIE AL TACTO

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON
Muestra 2: ENSAYO 7
Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 0,0 hasta 46,0
Muestra 2: 5 valores 3,0 hasta 49,0
Muestra 3: 5 valores 4,0 hasta 48,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	4362,0	12	63,5		
Total (Corr.)	4362,0	14			

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	8,3
ENSAYO 7	5	7,8
ENSAYO 6	5	7,9

Estadístico = 0,0353153 P-valor = 0,982497

TEXTURA

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 4 valores 0,0 hasta 35,0

Muestra 2: 4 valores 2,0 hasta 28,0

Muestra 3: 4 valores 4,0 hasta 29,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	1779,0	9	197,667		
Total (Corr.)	1779,0	11			

El F-ratio, que en este caso es igual a 5,75144E-16, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	4	6,875
ENSAYO 7	4	6,0
ENSAYO 6	4	6,625

Estadístico = 0,125439 P-valor = 0,939207

APARIENCIA

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 5 valores 0,0 hasta 40,0

Muestra 2: 5 valores 3,0 hasta 26,0

Muestra 3: 5 valores 5,0 hasta 26,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	0,003
Intra grupos	1832,0	12	152,667		
Total (Corr.)	1832,0	14			

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior o igual a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	5	6,9
ENSAYO 7	5	8,6
ENSAYO 6	5	8,5

Estadístico = 0,456631 P-valor = 0,003

DUREZA AL TACTO

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 7 valores 2,0 hasta 22,0

Muestra 2: 7 valores 0,0 hasta 17,0

Muestra 3: 7 valores 0,0 hasta 19,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	0,002
Intra grupos	840,0	18	46,6667		
Total (Corr.)	840,0	20			

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior o igual a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	7	10,9286
ENSAYO 7	7	11,2143
ENSAYO 6	7	10,8571

Estadístico = 0,0130976 P-valor = 0,002

CALIFICACION

Resumen del Procedimiento

Muestra 1: PATRON

Muestra 2: ENSAYO 7

Muestra 3: ENSAYO 6

Muestra 1: 4 valores 0,0 hasta 35,0

Muestra 2: 4 valores 0,0 hasta 39,0

Muestra 3: 4 valores 0,0 hasta 35,0

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	2047,0	9	227,444		
Total (Corr.)	2047,0	11			

El F-ratio, que en este caso es igual a 0,0, es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es superior o igual a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables a un 95,0%.

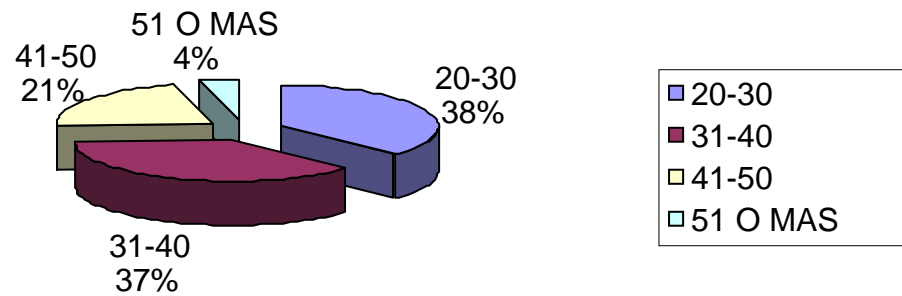
Test Kruskal-Wallis

	Tamaño Muestral	Rango Medio
PATRON	4	6,75
ENSAYO 7	4	6,375
ENSAYO 6	4	6,375
Estadístico = 0,0294643 P-valor = 0,985376		

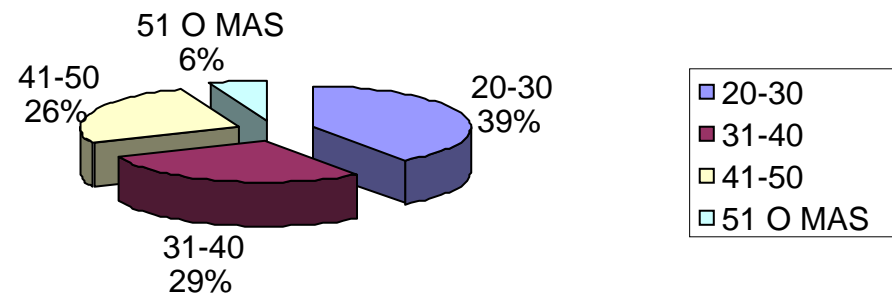
ANEXO 6

Graficas panel Degustativo

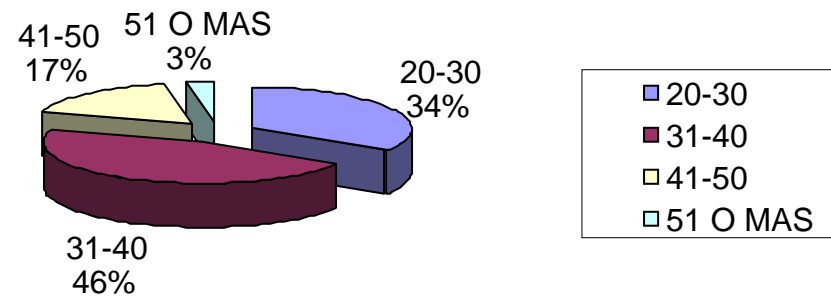
ESTRATIFICACIONES POR EDADES
DE LA POBLACIÓN



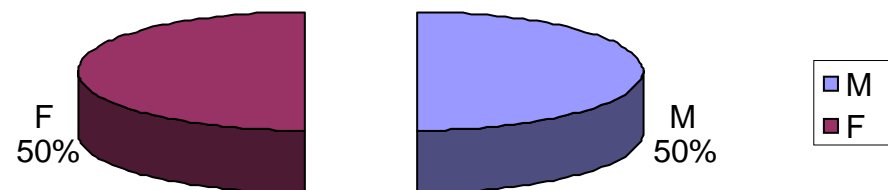
ESTRATIFICACIONES POR EDADES
SEXO MASCULINO



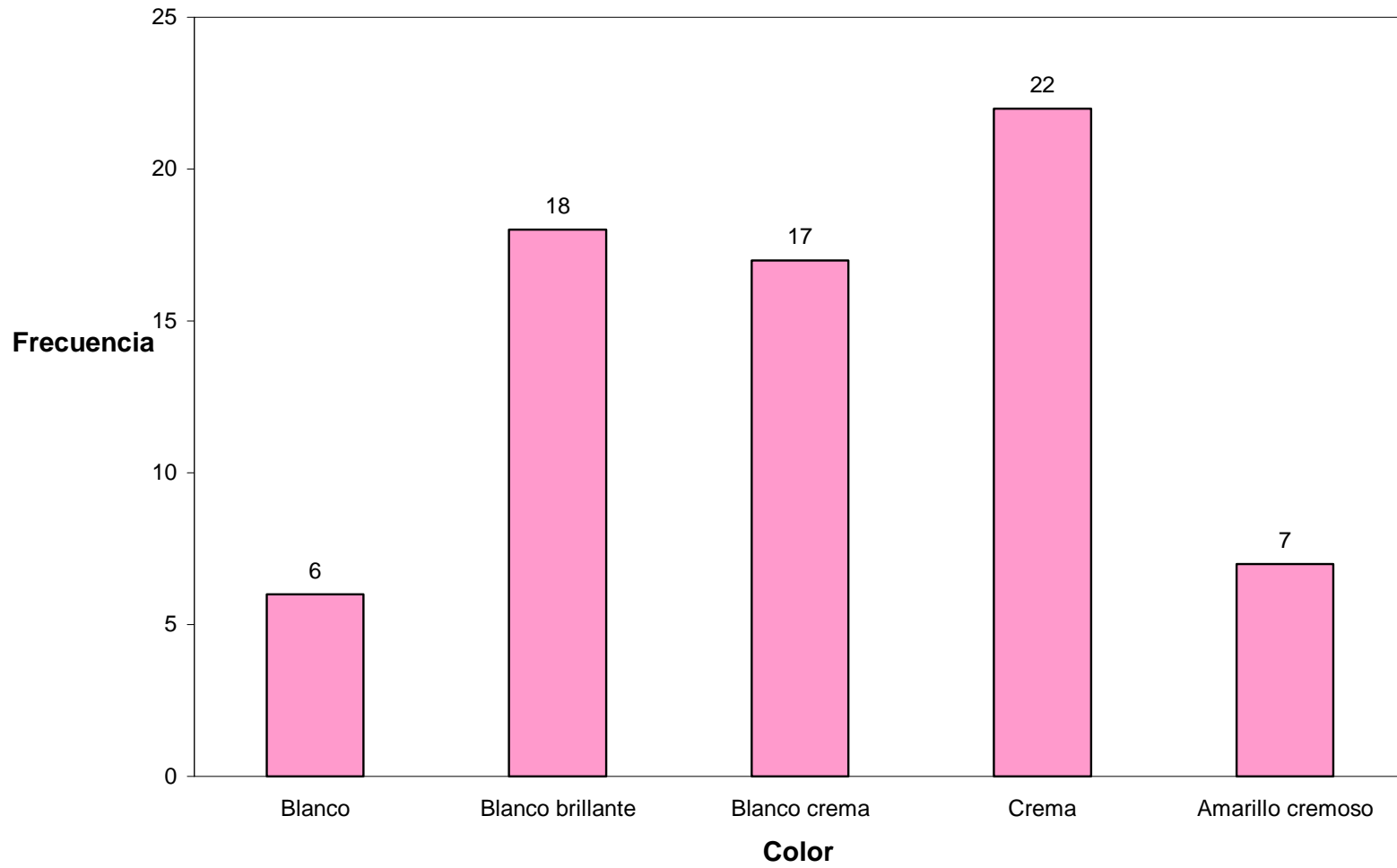
ESTRATIFICACIONES POR EDADES SEXO FEMENINO



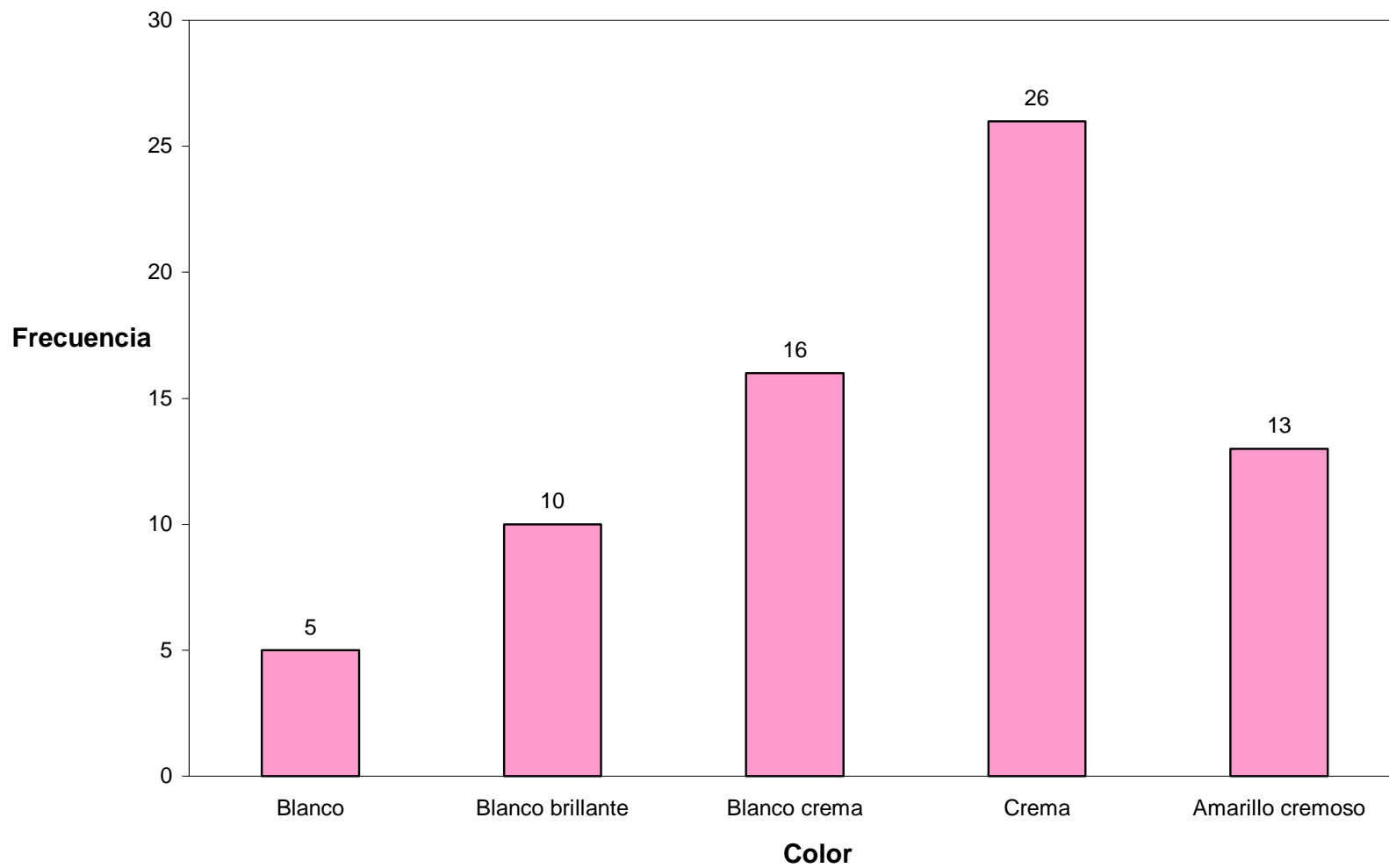
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN DE LA POBLACIÓN



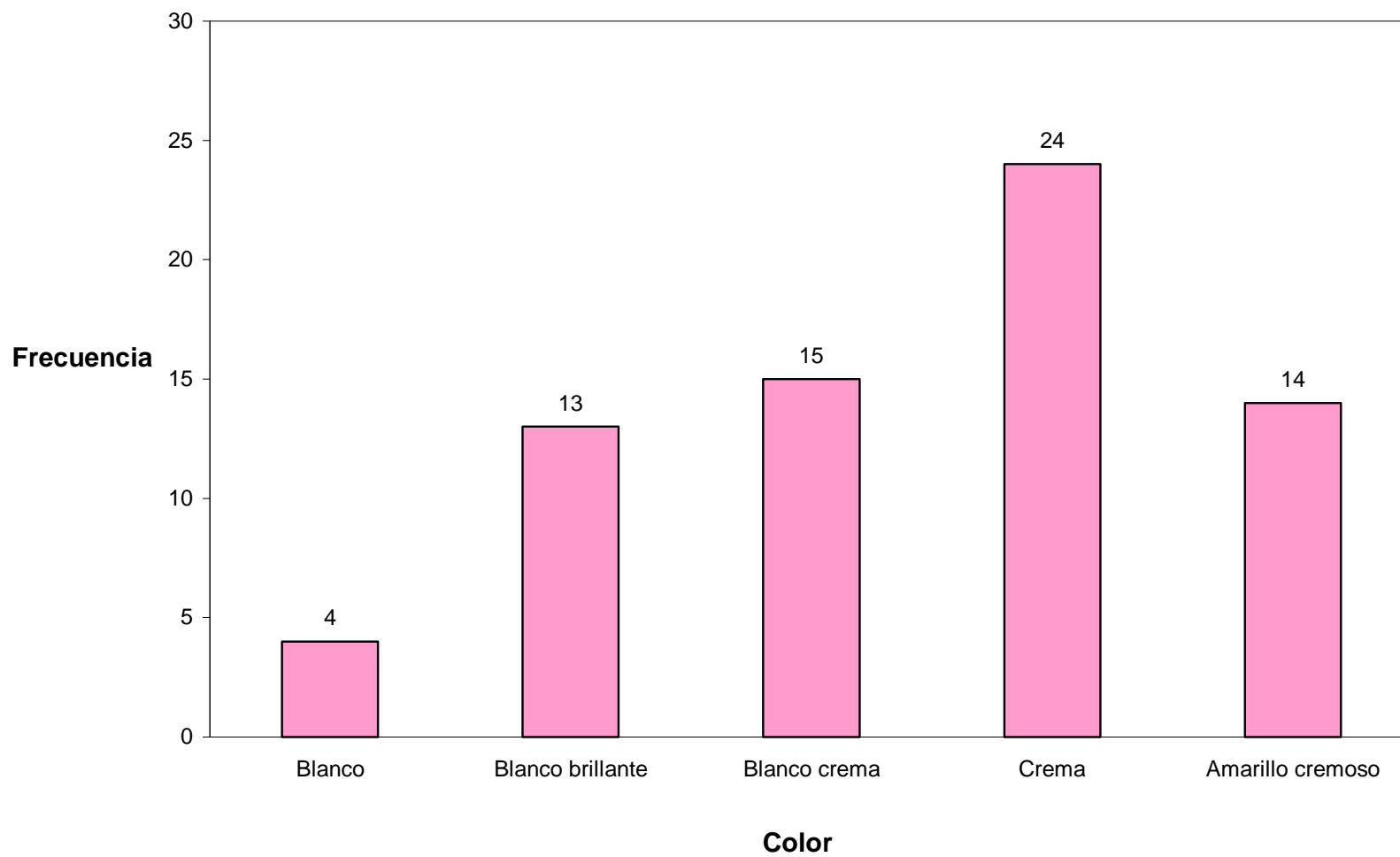
(PATRON SEMOLA)
Color Vs Frecuencia



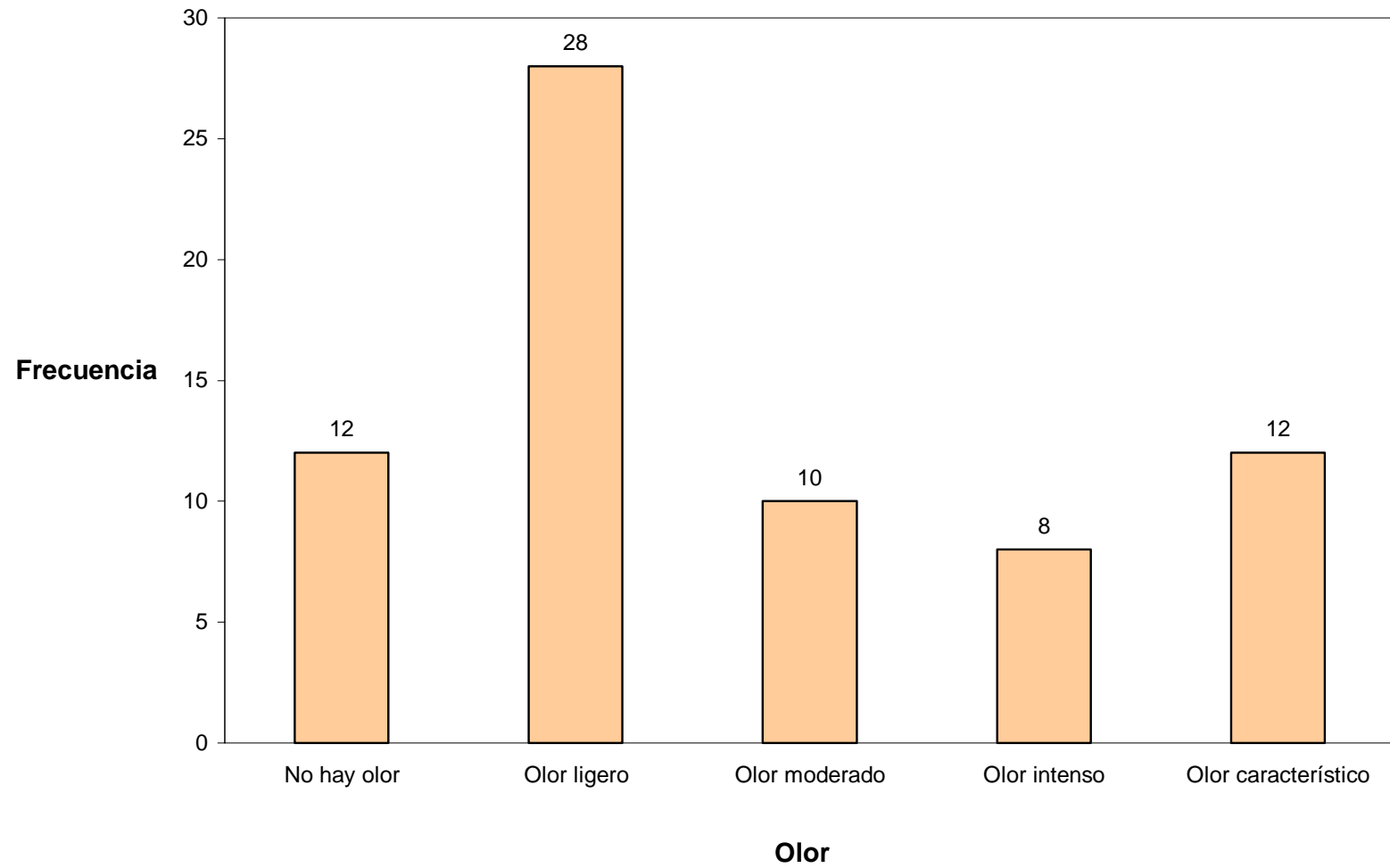
ENSAYO (E6)
Color Vs Frecuencia



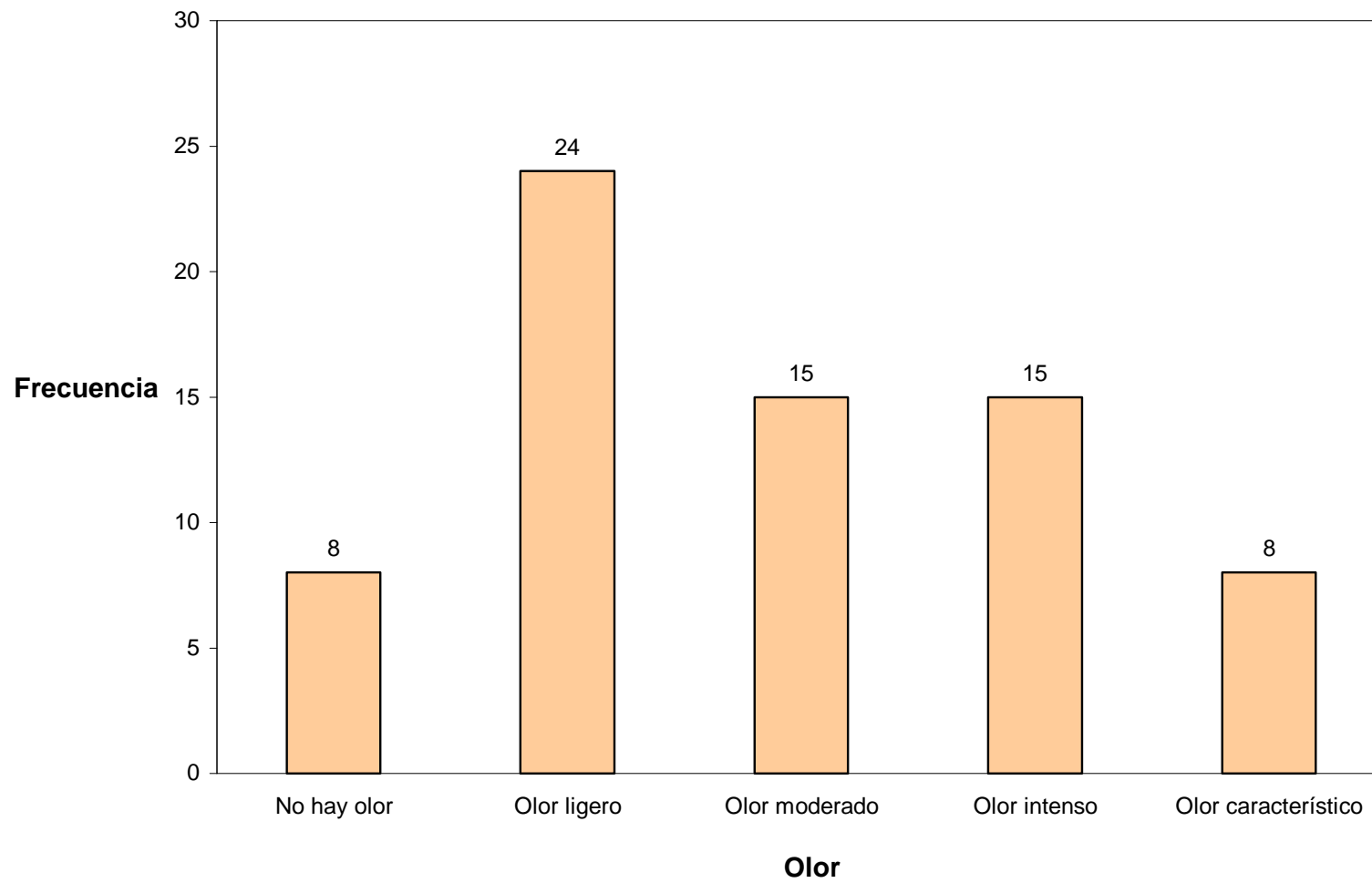
ENSAYO (E7)
Color Vs Frecuencia



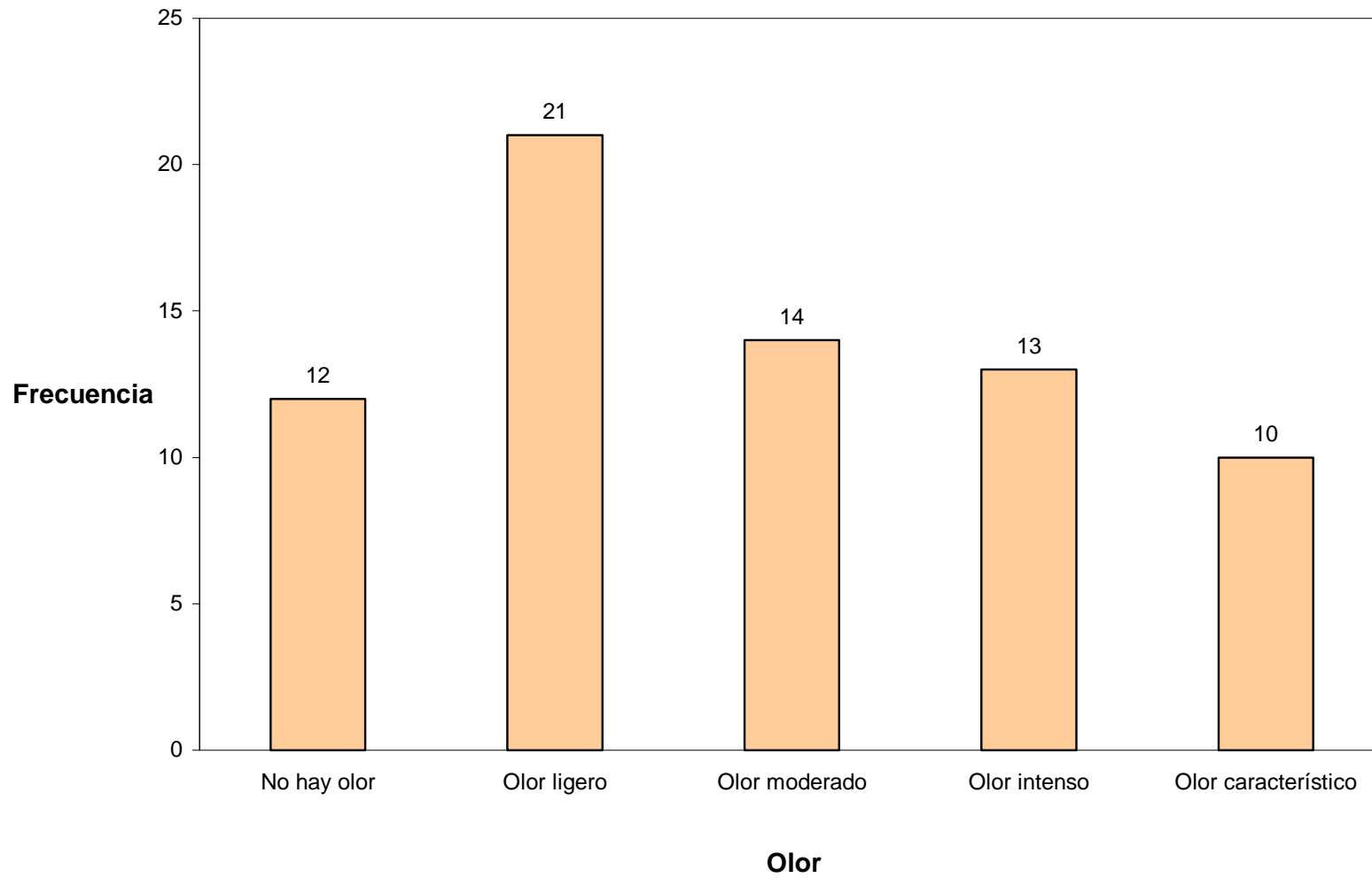
(PATRON SEMOLA)
Olor Vs Frecuencia



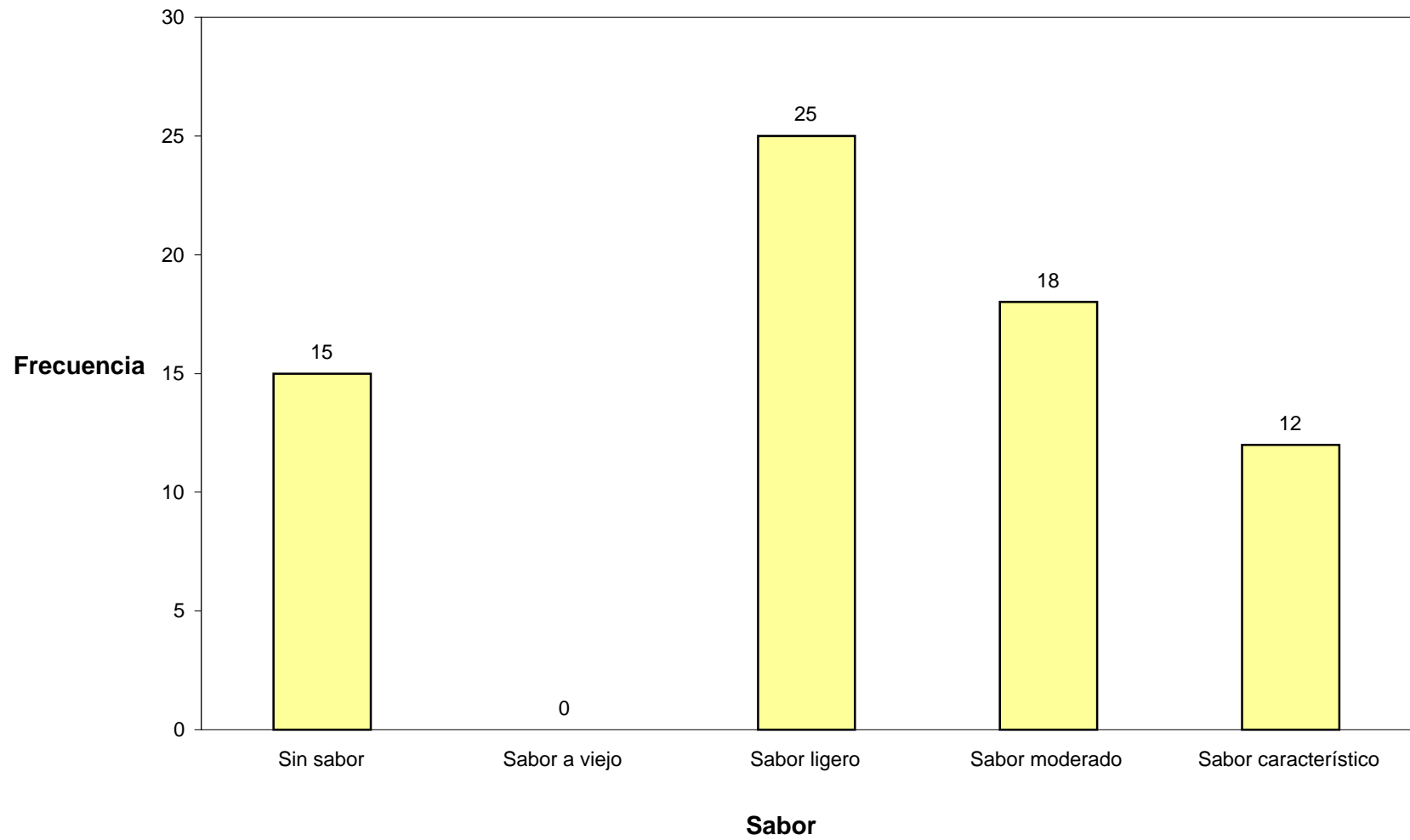
ENSAYO (E6)
Olor Vs Frecuencia



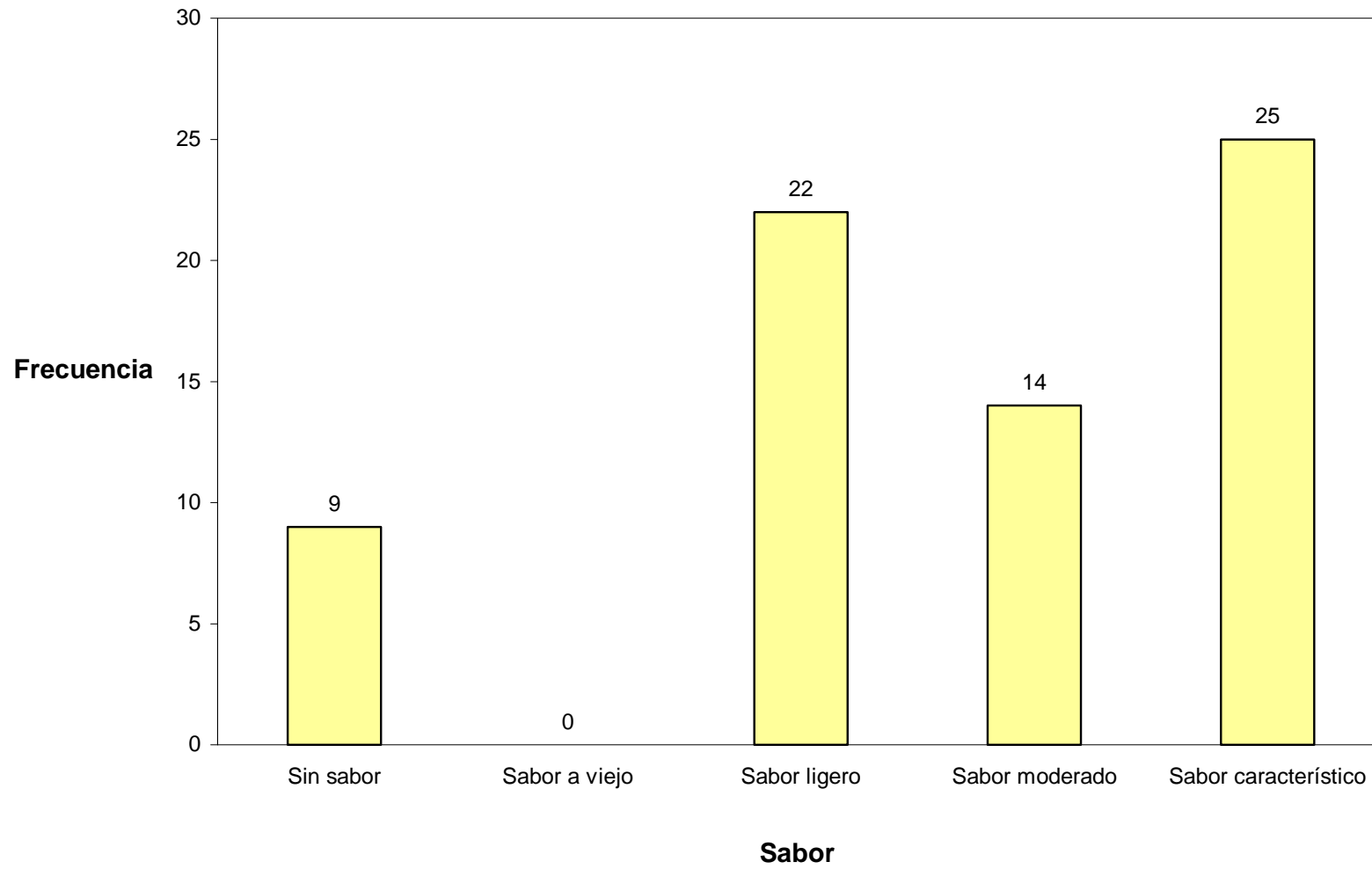
ENSAYO (E7)
Olor Vs Frecuencia



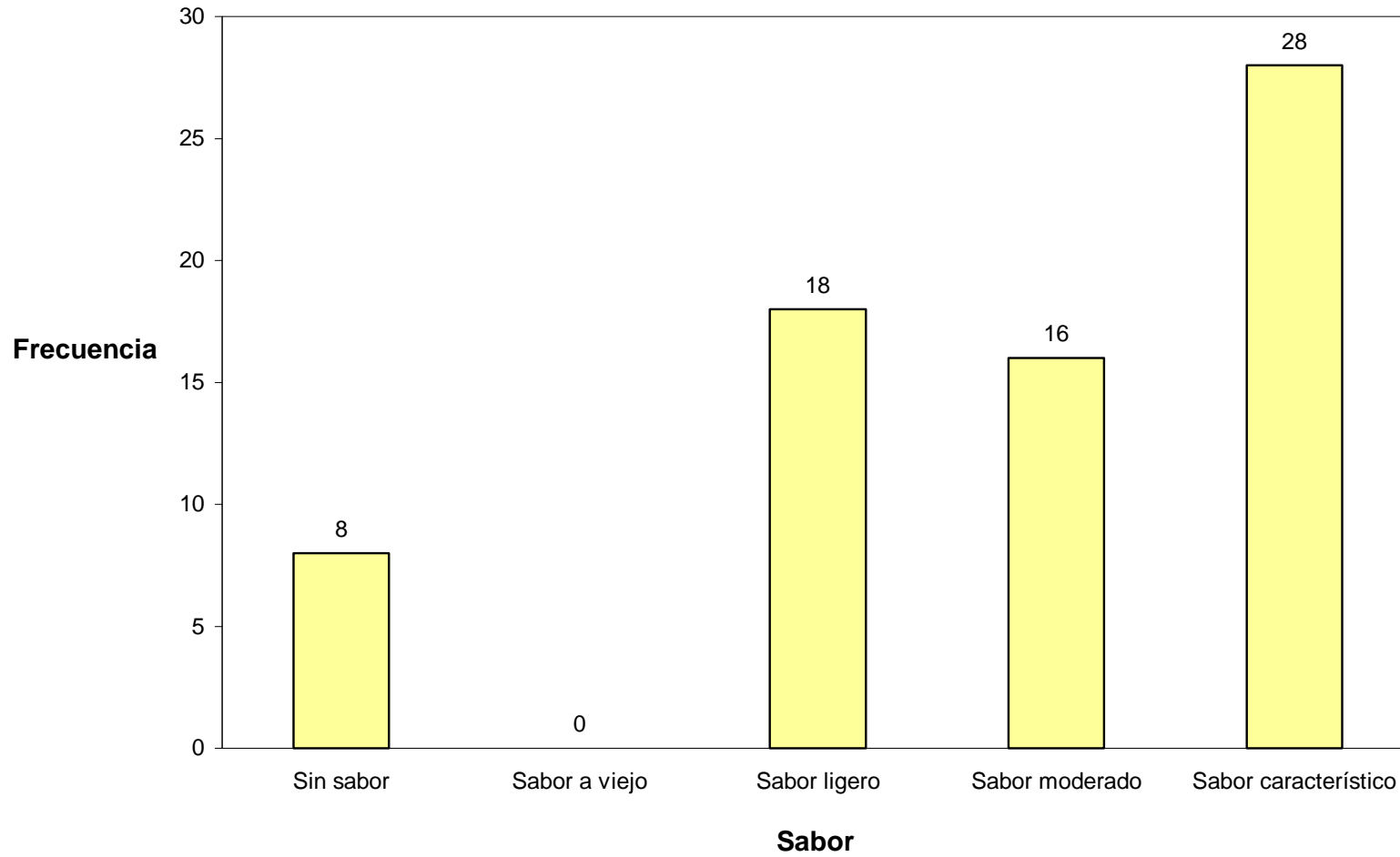
(PATRON SEMOLA)
Sabor Vs Frecuencia



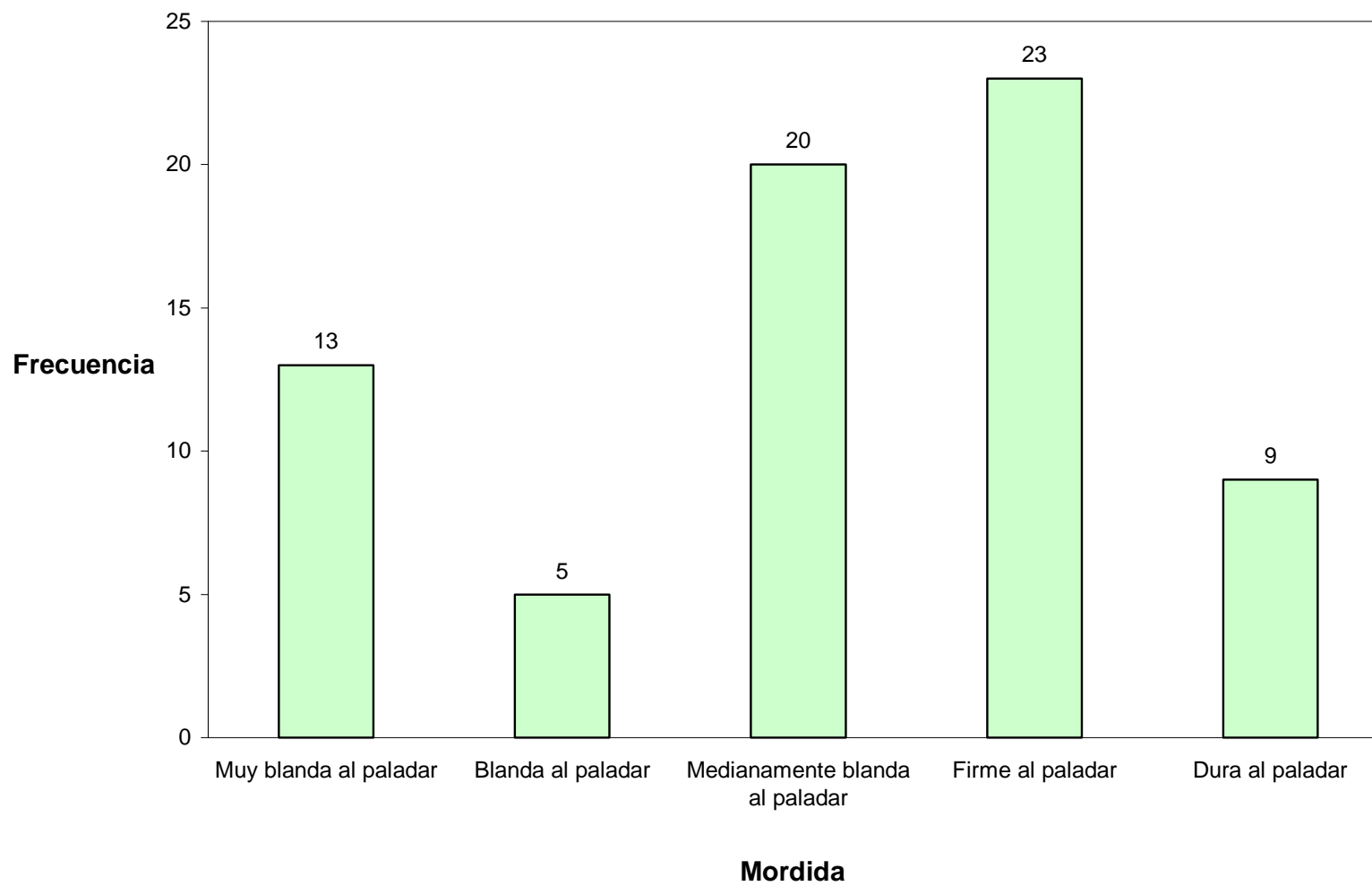
ENSAYO (E6)
Sabor Vs Frecuencia



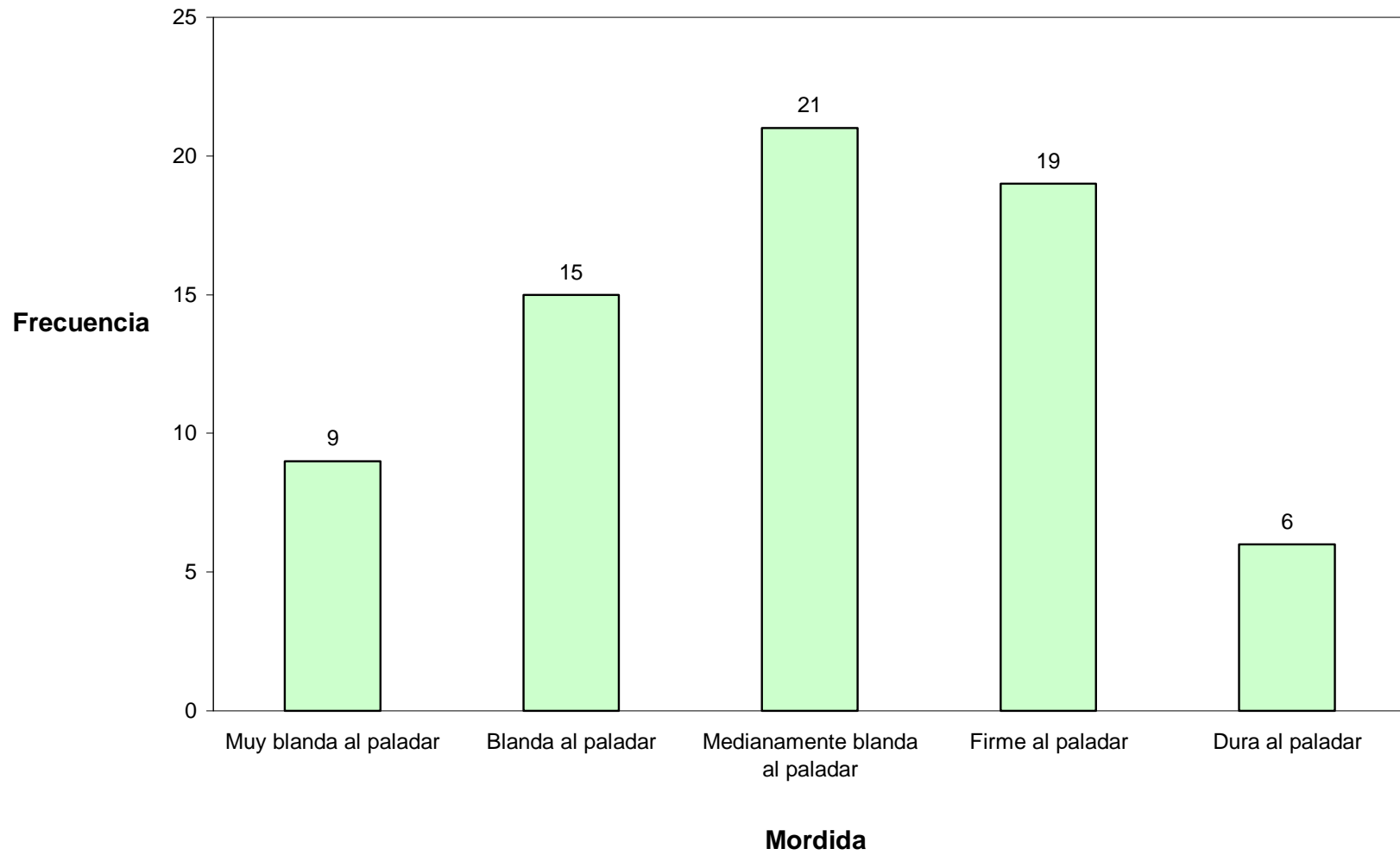
ENSAYO (E7)
Sabor Vs Frecuencia



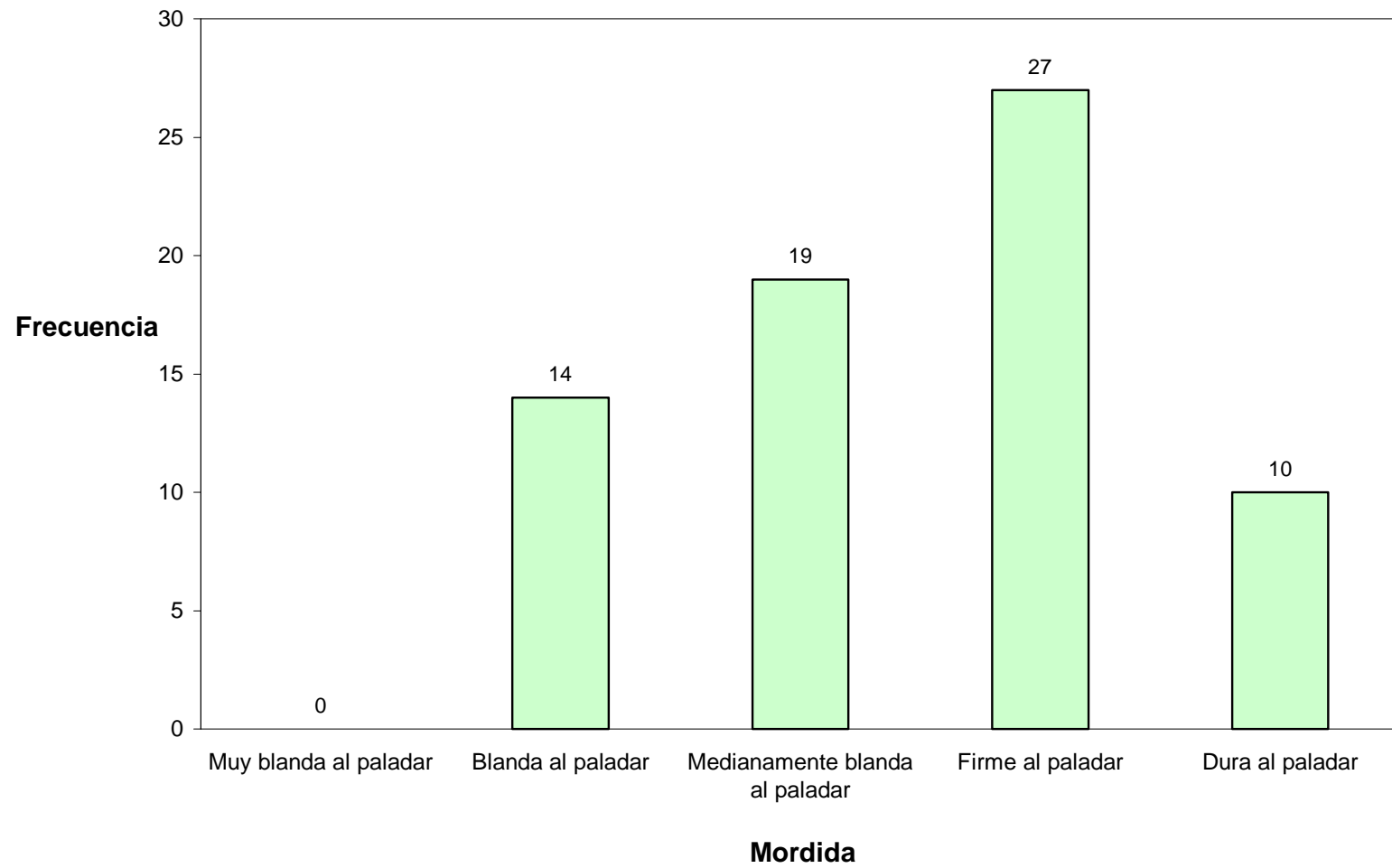
(PATRON SEMOLA)
Mordida Vs Frecuencia



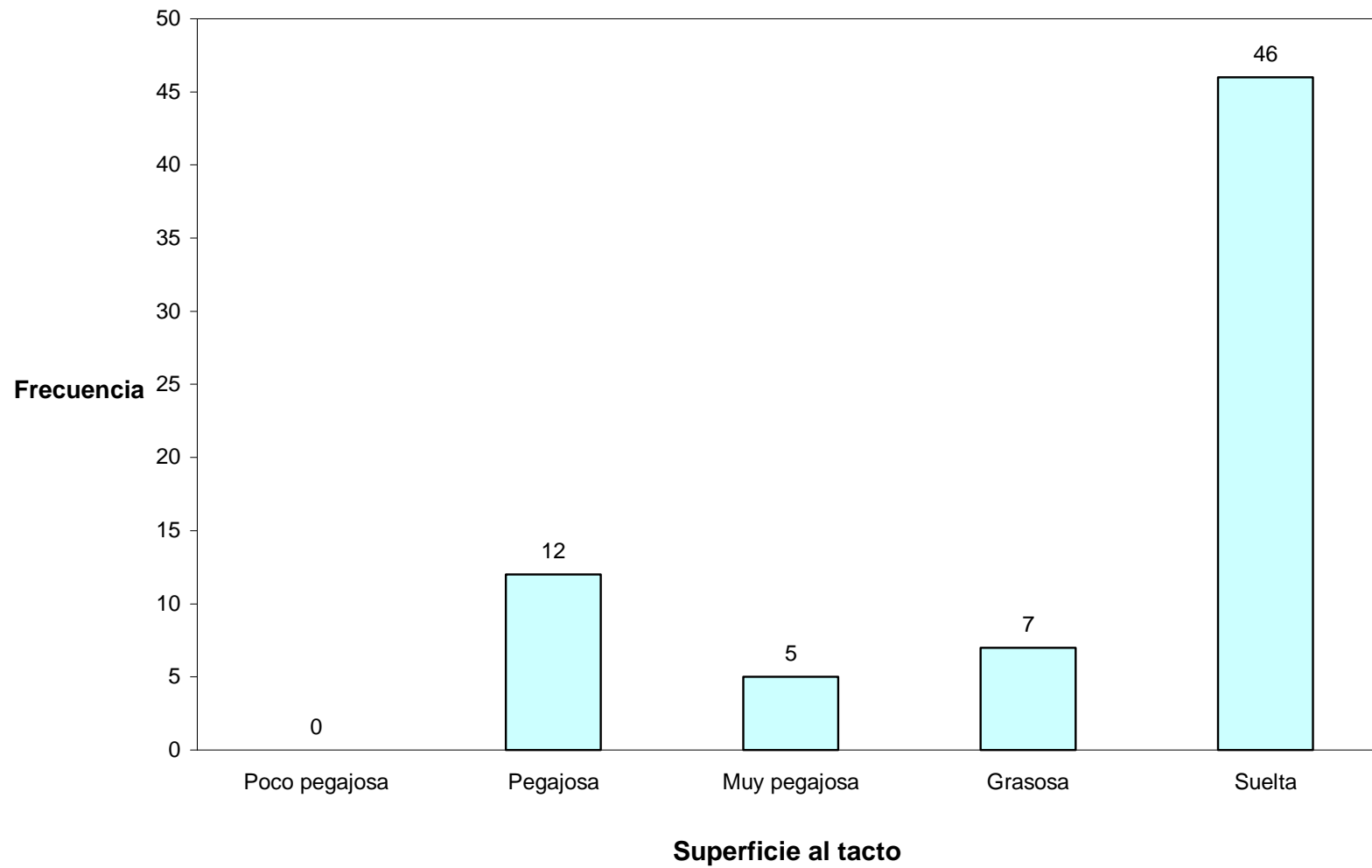
ENSAYO (E6)
Mordida Vs Frecuencia



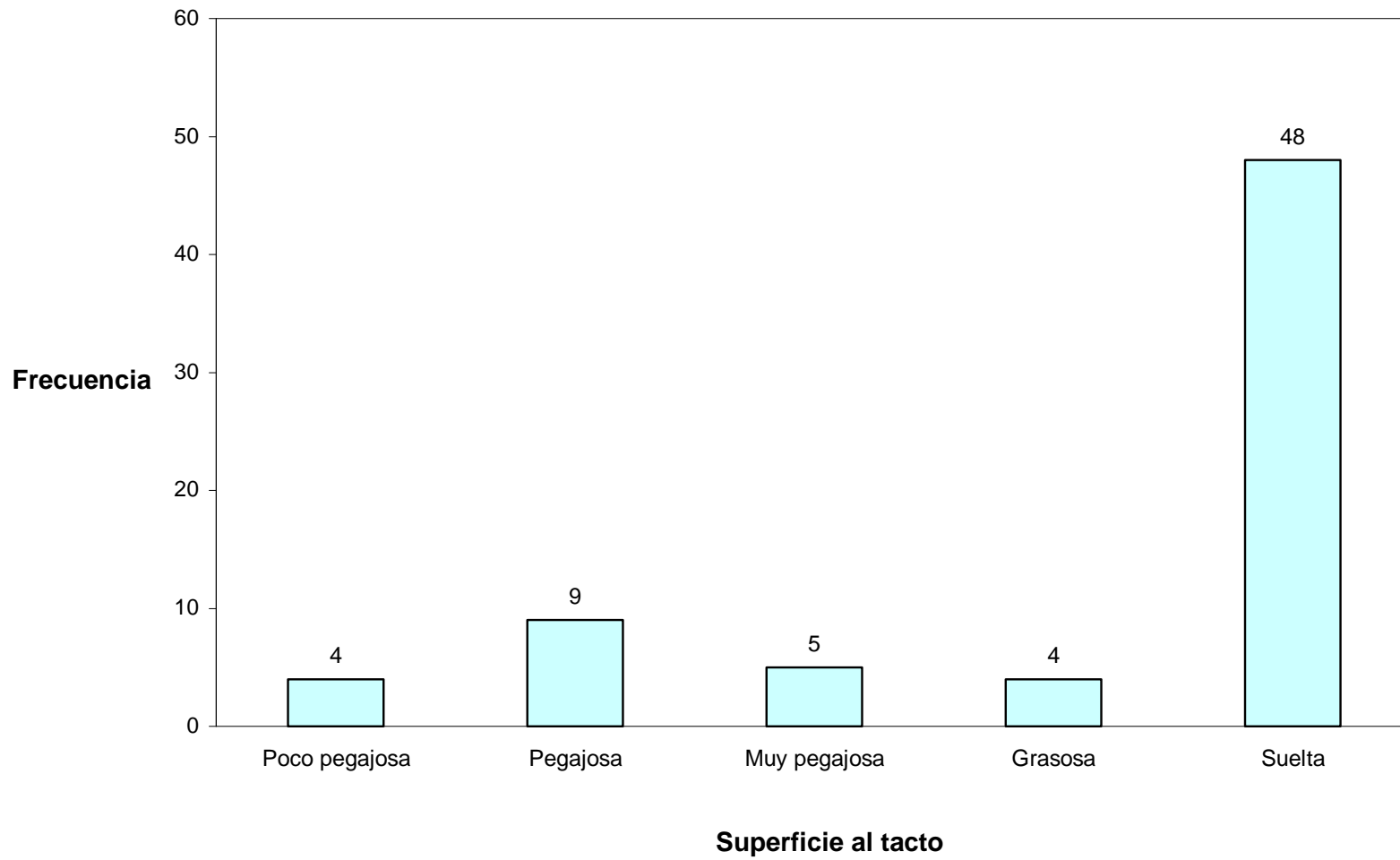
ENSAYO (E7)
Mordida Vs Frecuencia



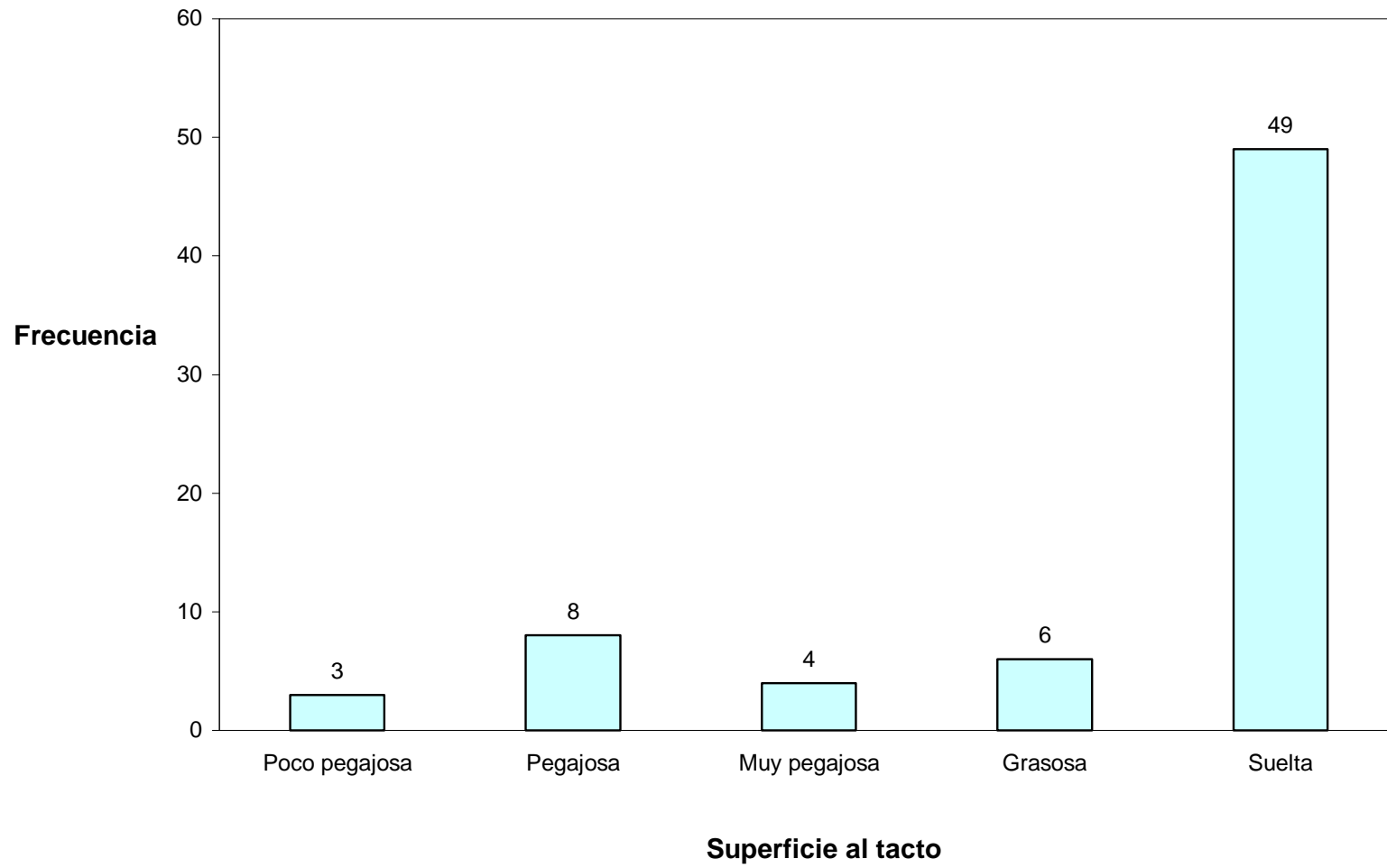
(PATRON SEMOLA)
Superficie al tacto Vs Frecuencia



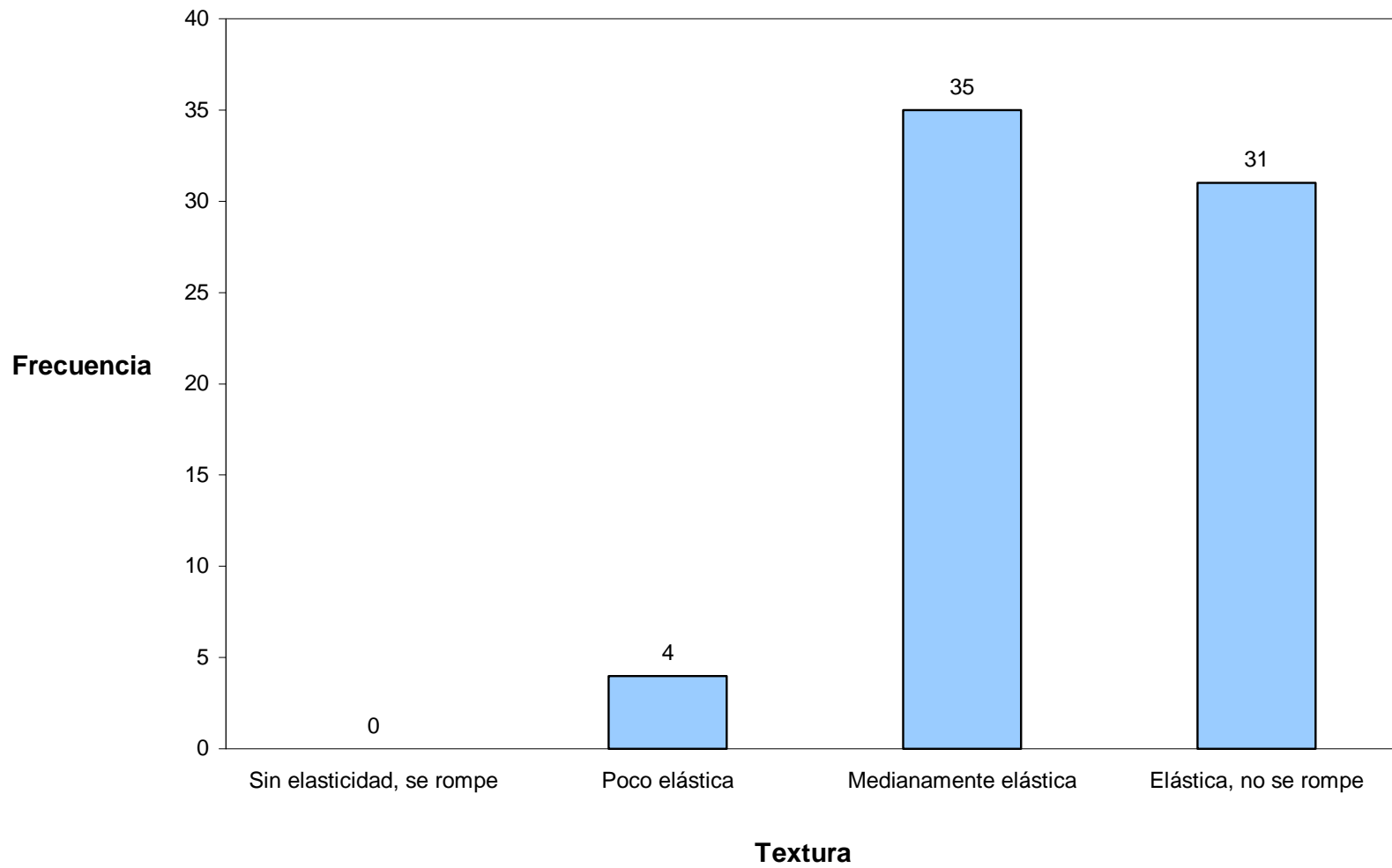
ENSAYO (E6)
Superficie al tacto Vs Frecuencia



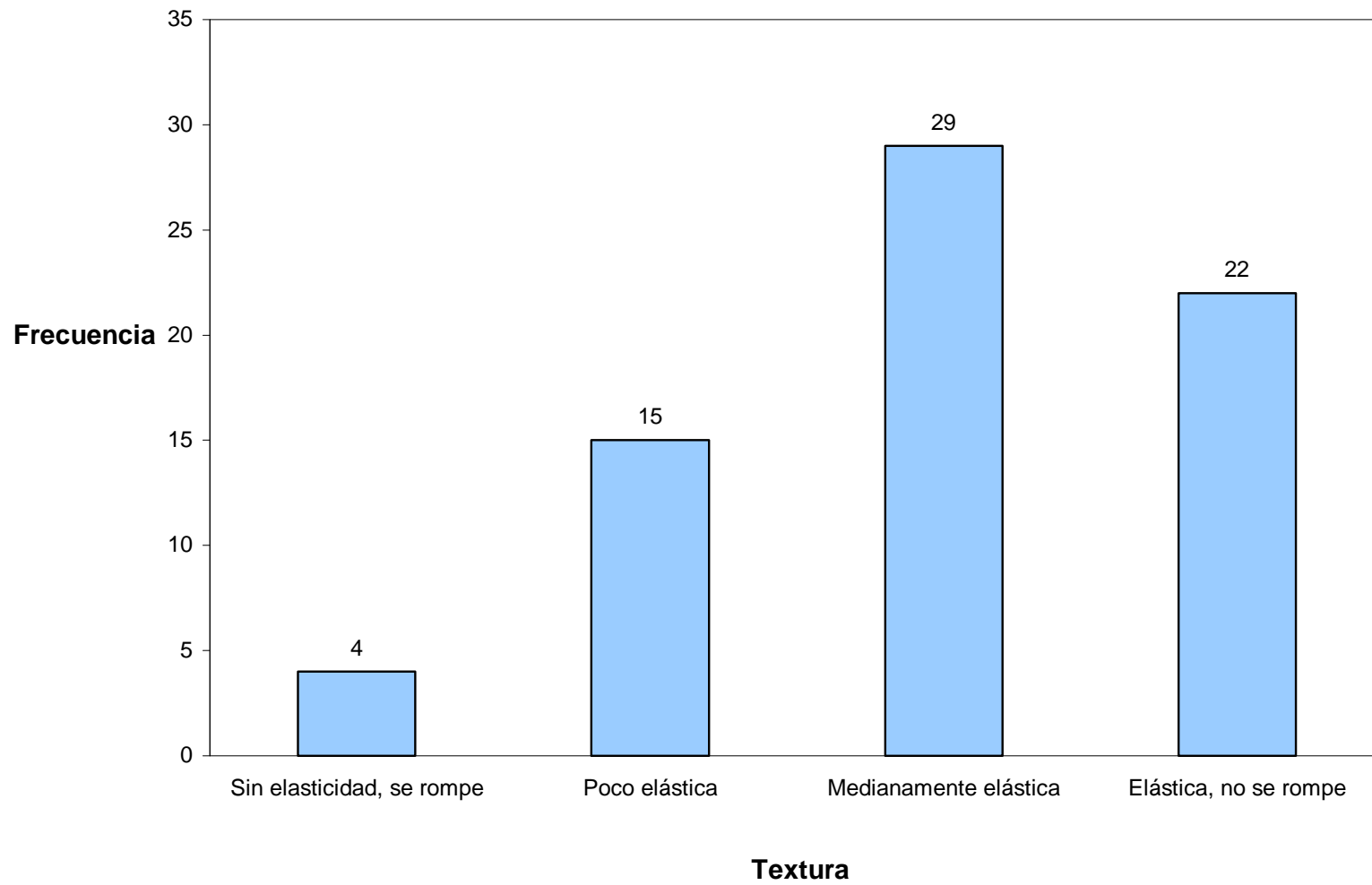
ENSAYO (E7)
Superficie al tacto Vs Frecuencia



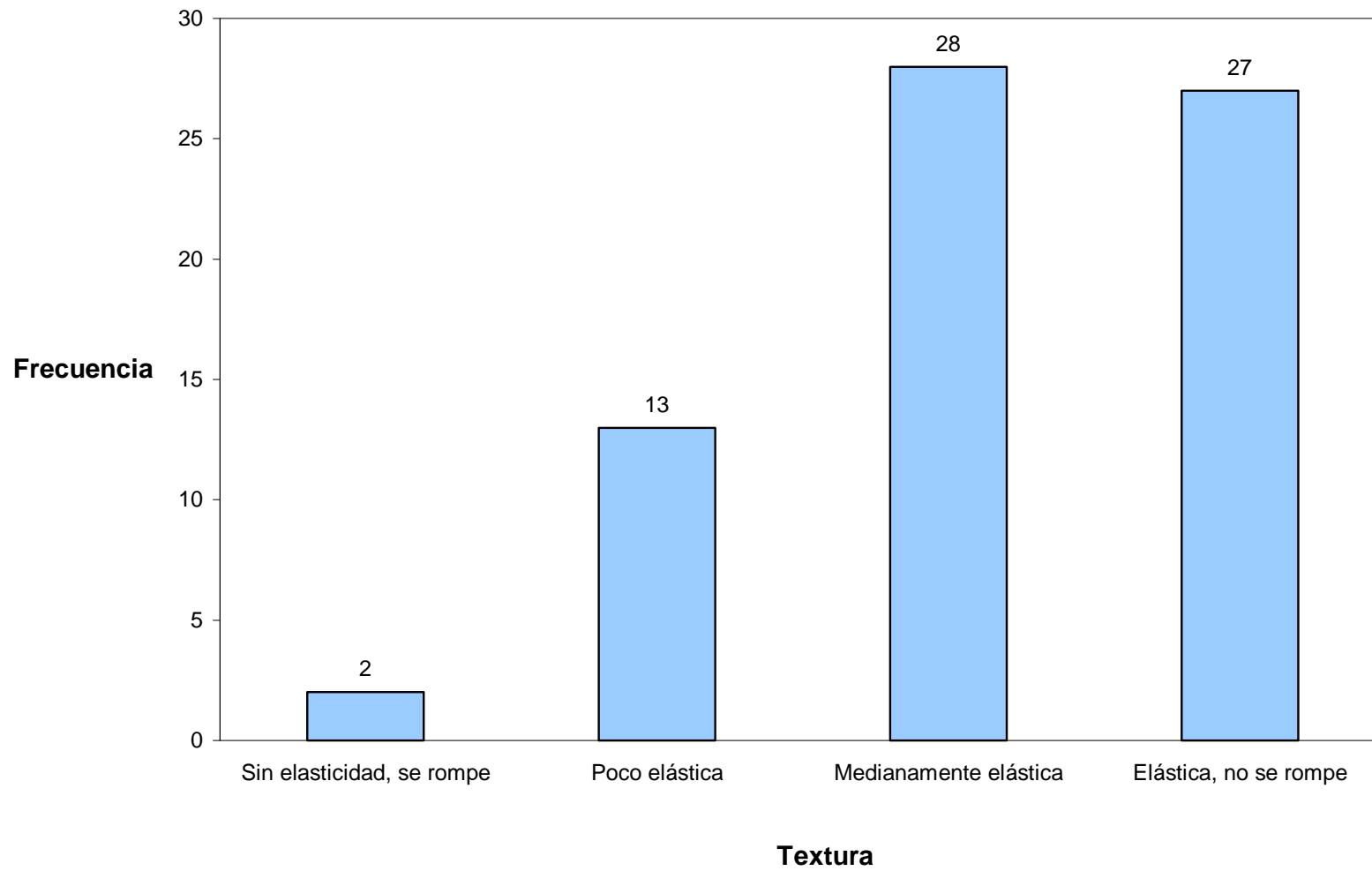
(PATRON SEMOLA)
Textura Vs Frecuencia



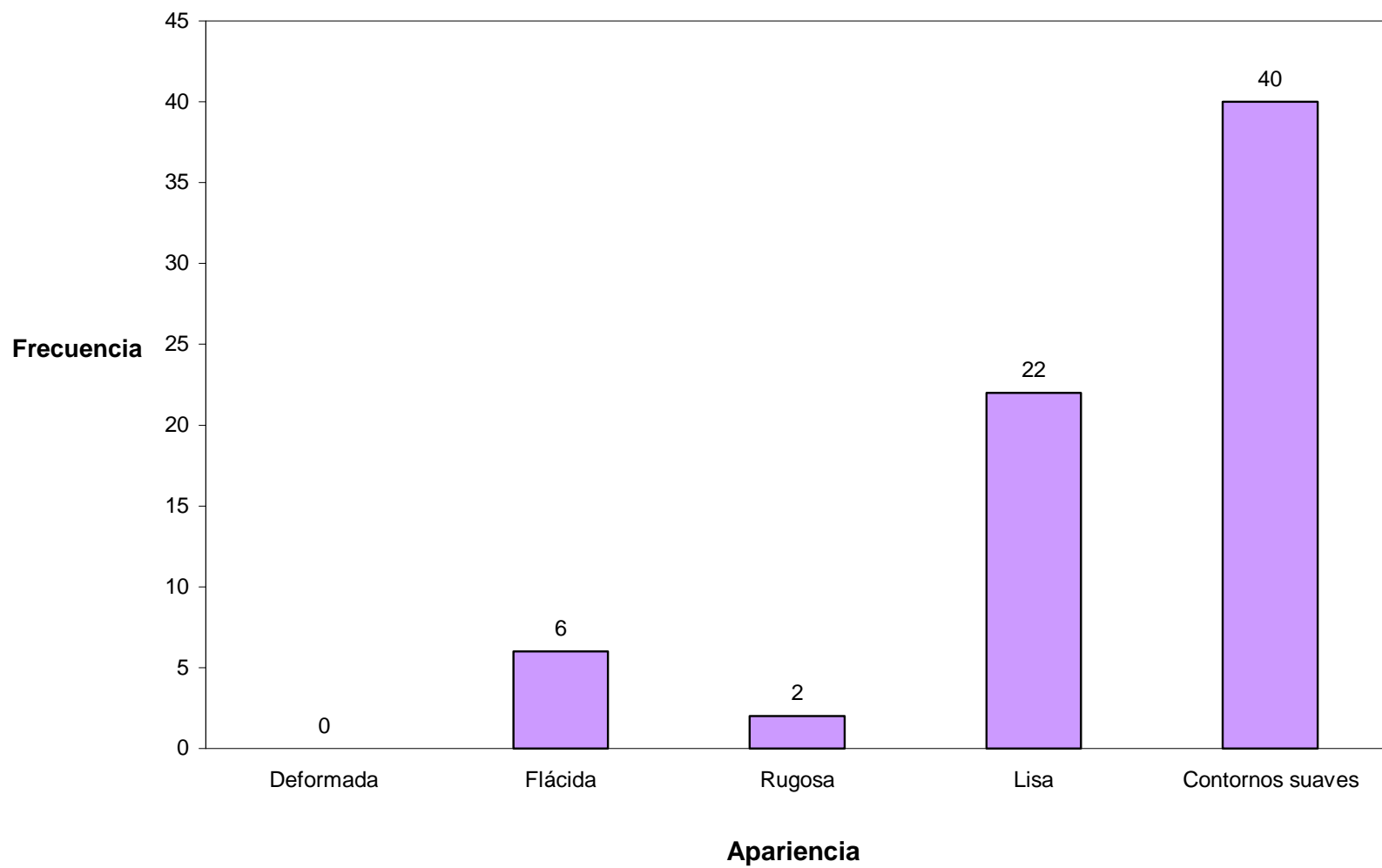
ENSAYO (E6)
Textura Vs Frecuencia



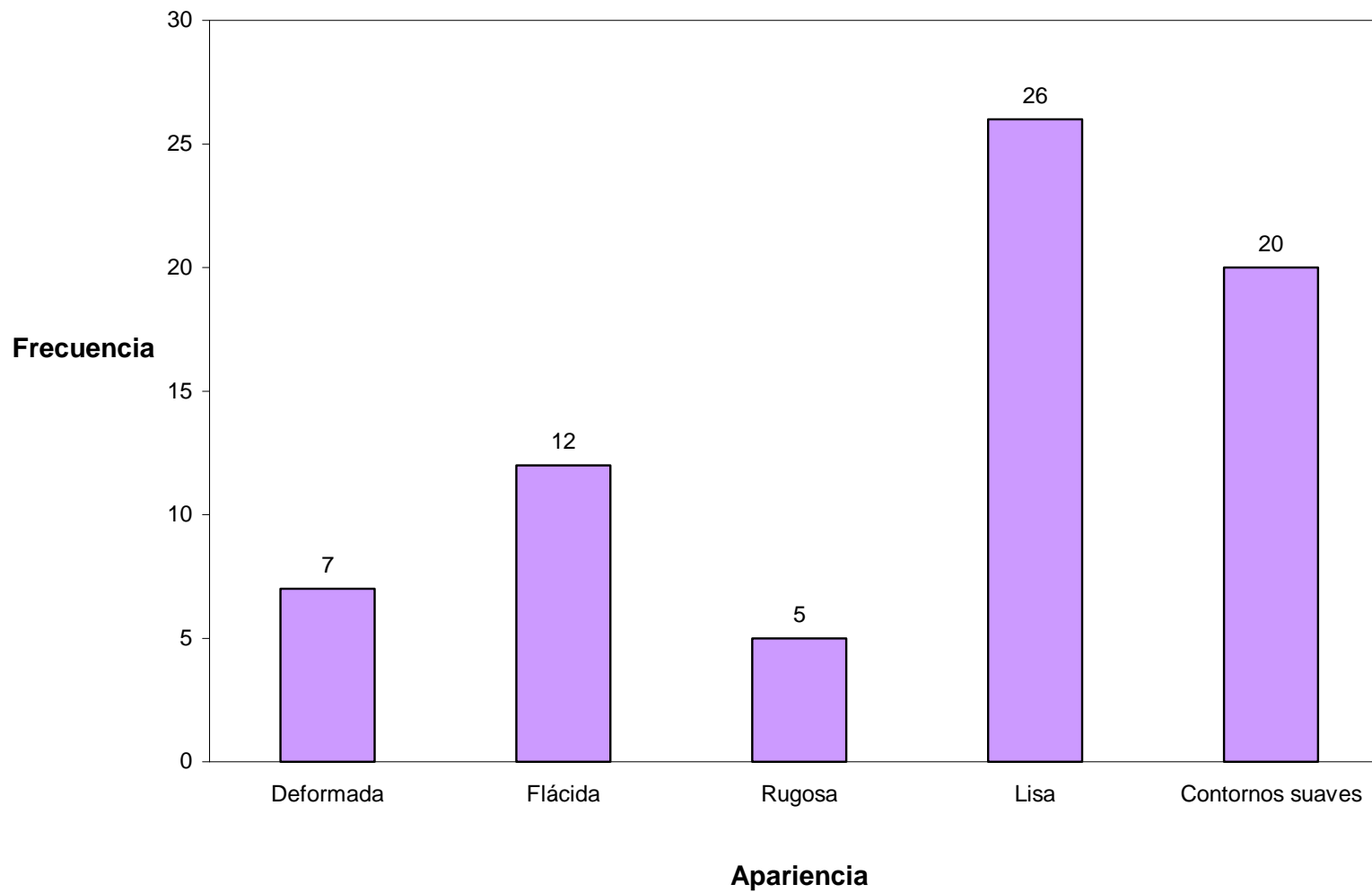
ENSAYO (E7)
Textura Vs Frecuencia



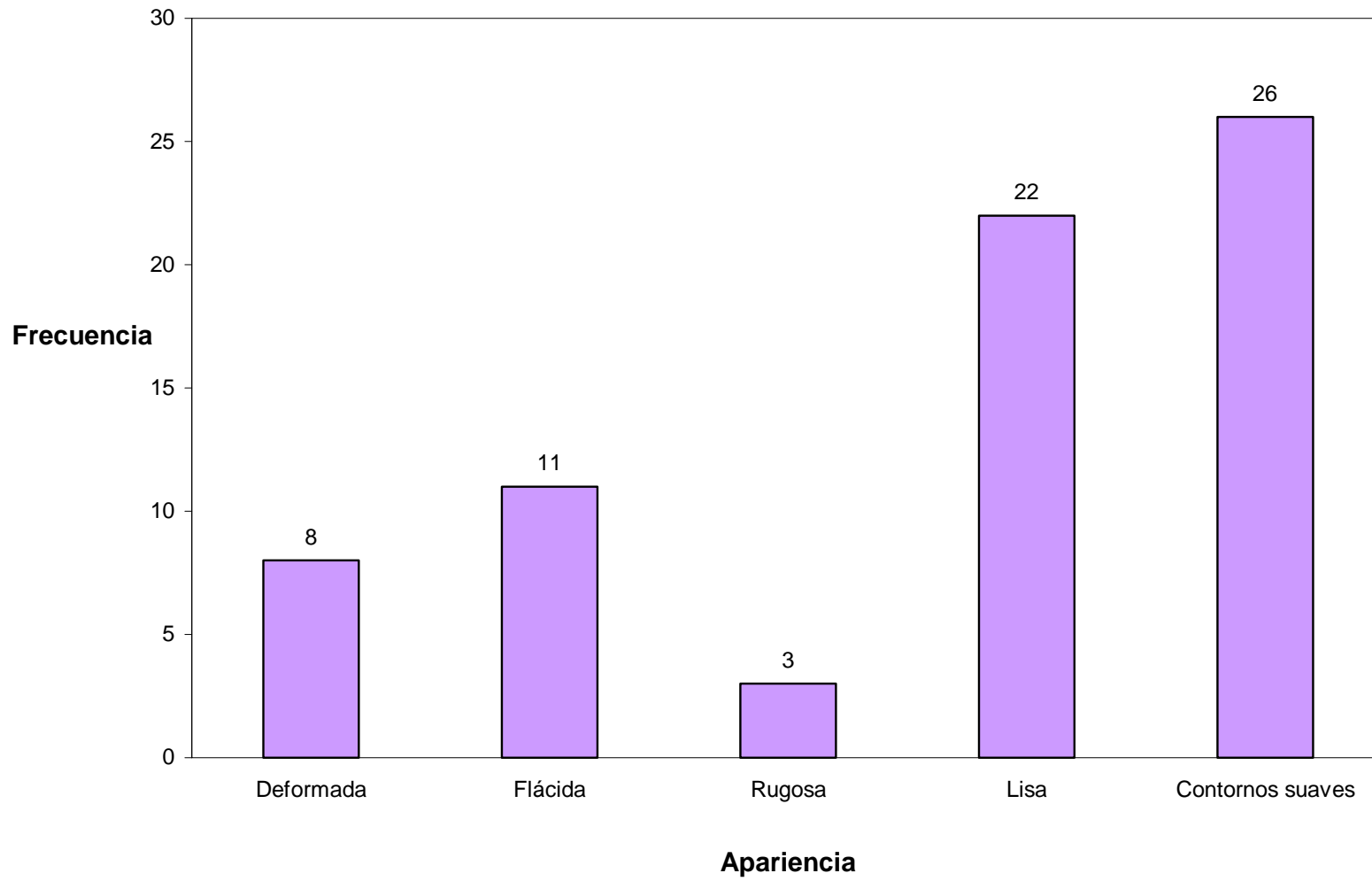
(PATRON SEMOLA)
Apariencia Vs Frecuencia



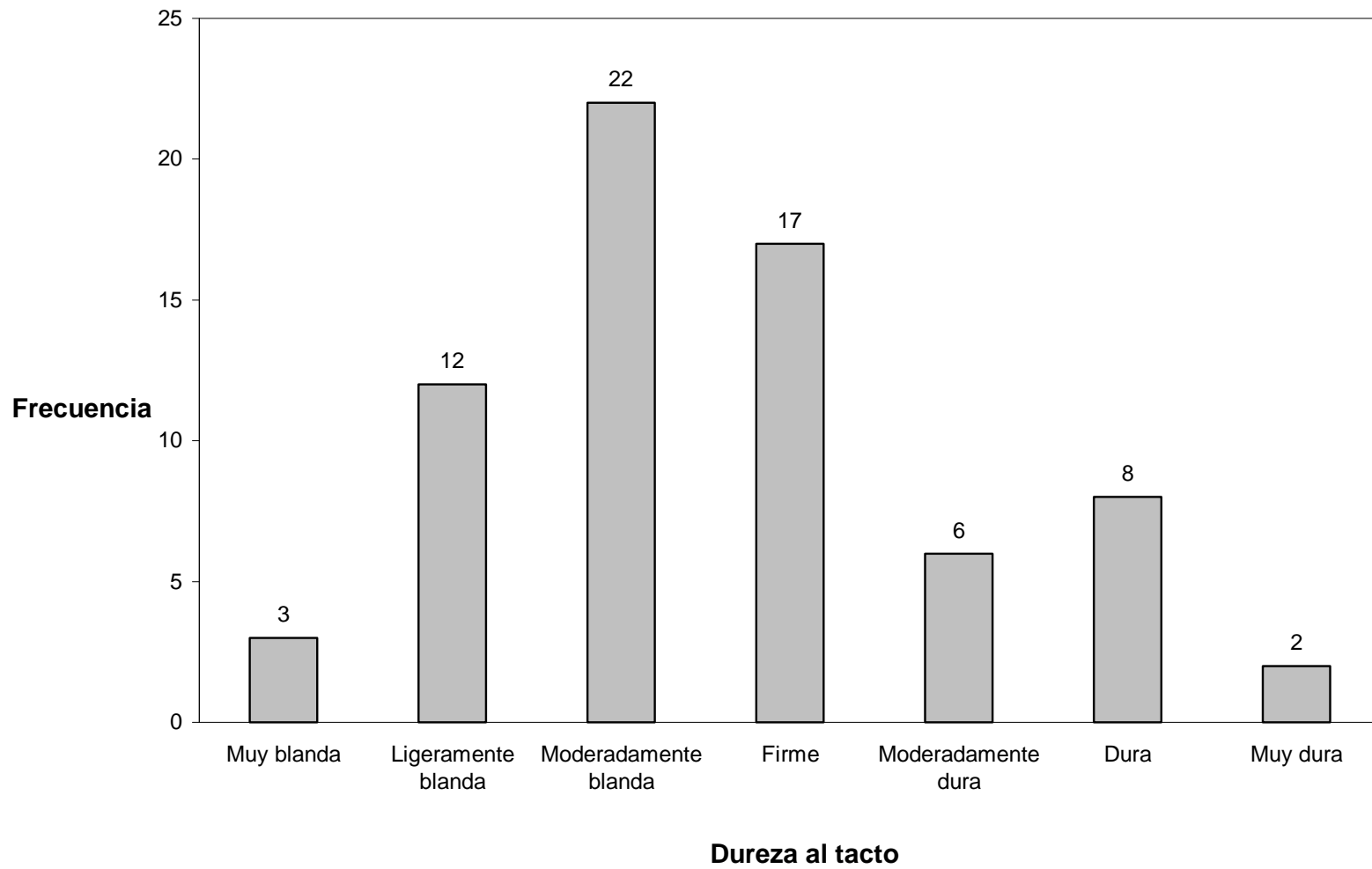
ENSAYO (E6)
Apariencia Vs Frecuencia



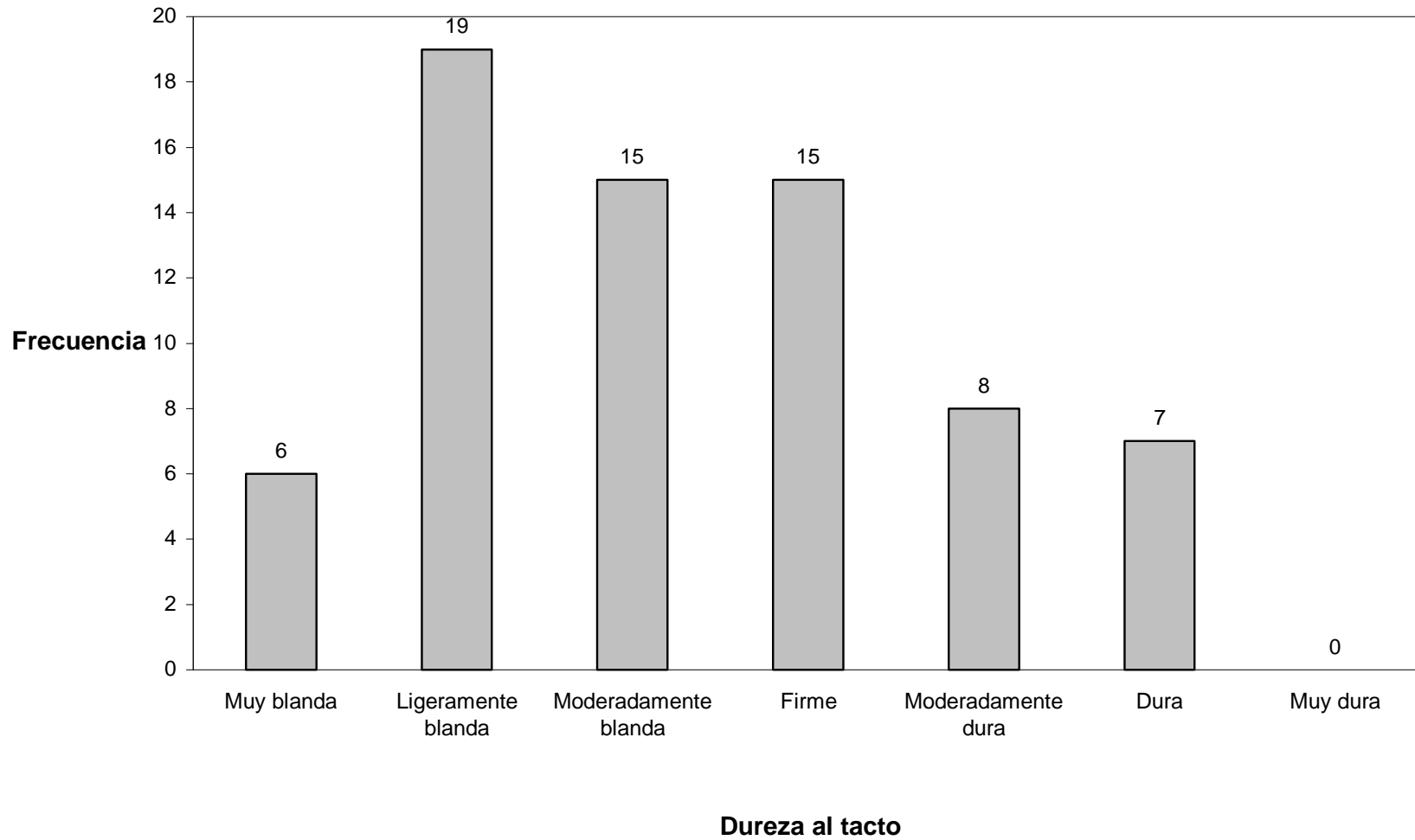
ENSAYO (E7)
Apariencia Vs Frecuencia



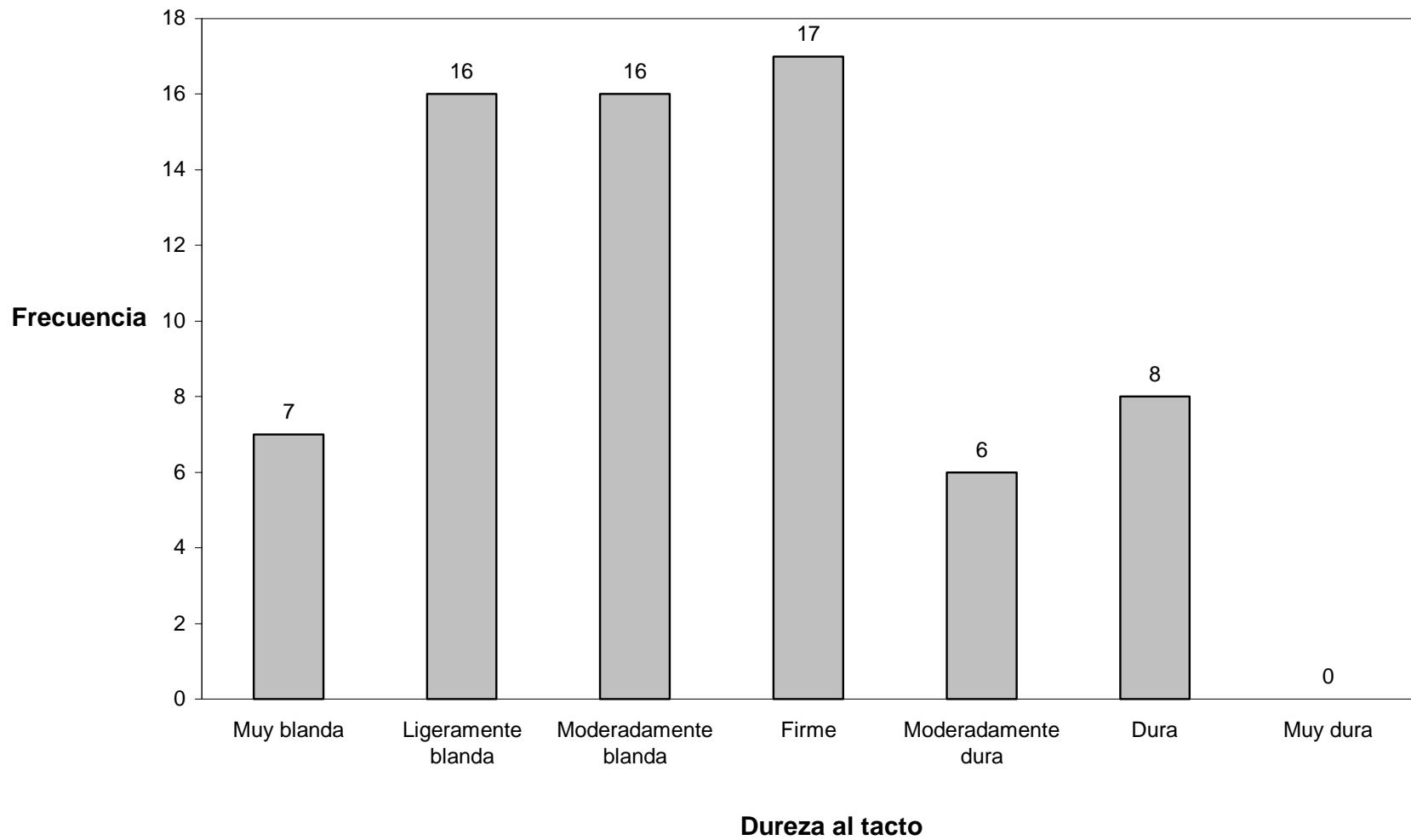
(PATRON SEMOLA)
Dureza al tacto Vs Frecuencia



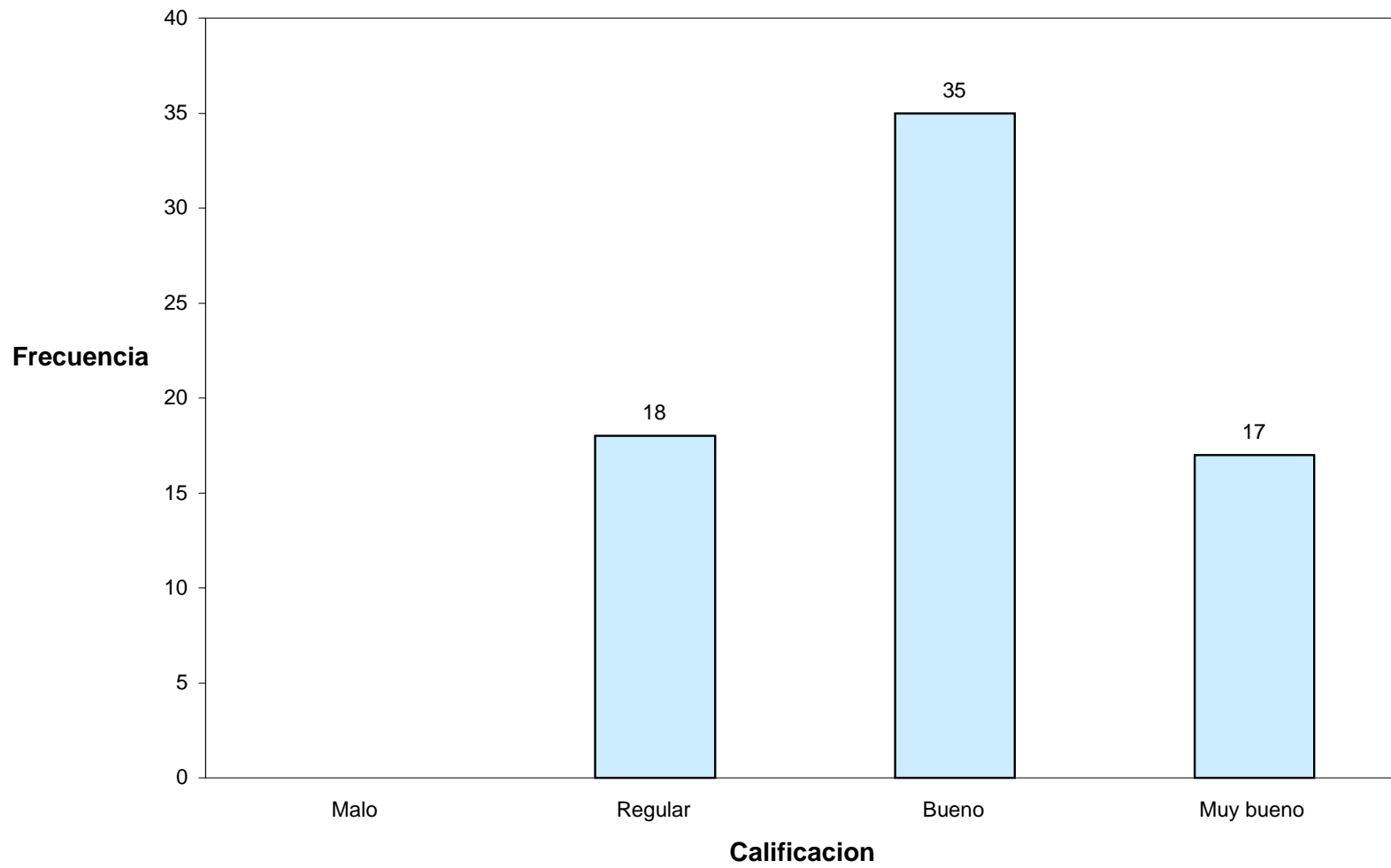
ENSAYO (E6)
Dureza al tacto Vs Frecuencia



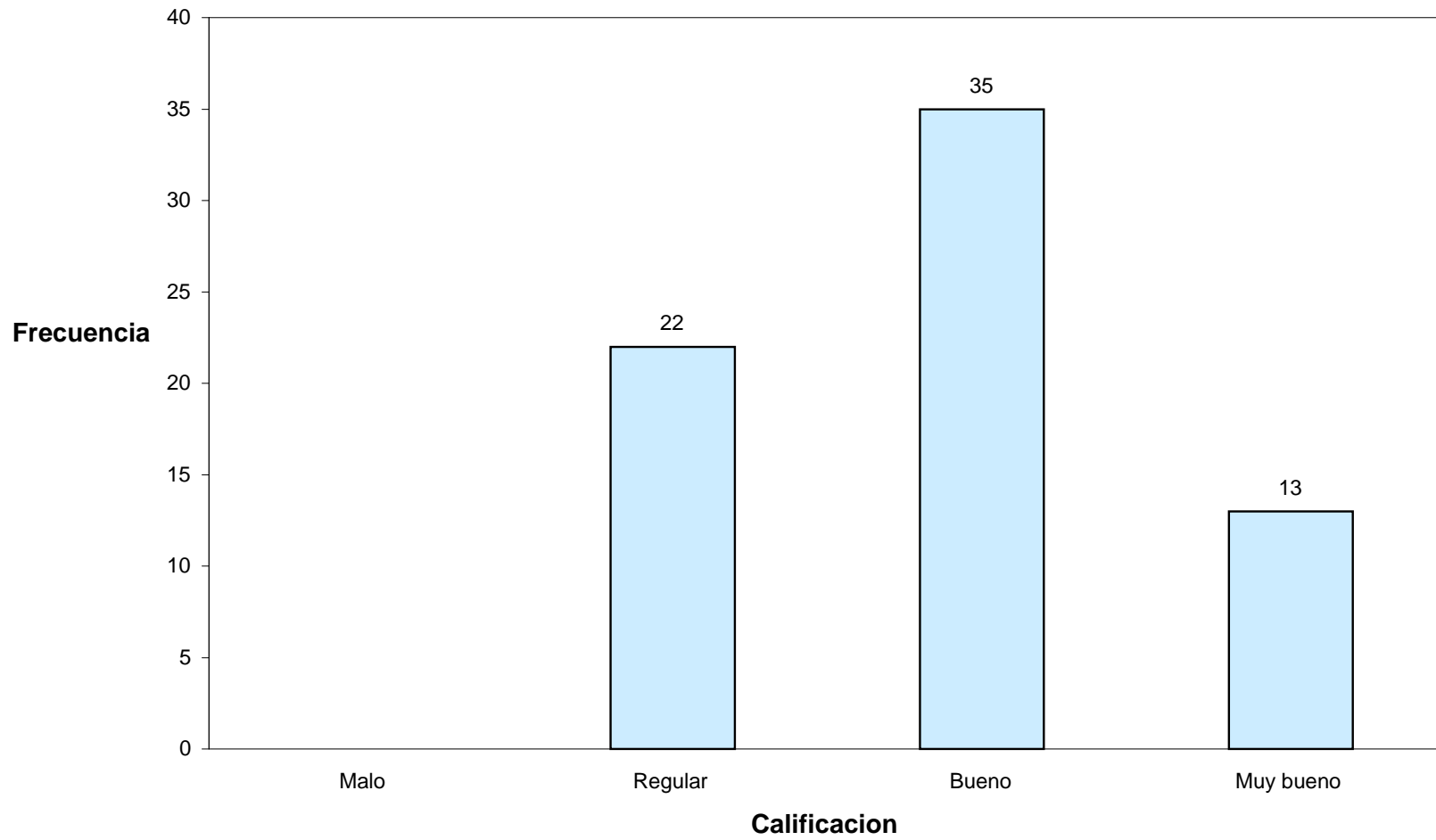
ENSAYO (E7)
Dureza al tacto Vs Frecuencia



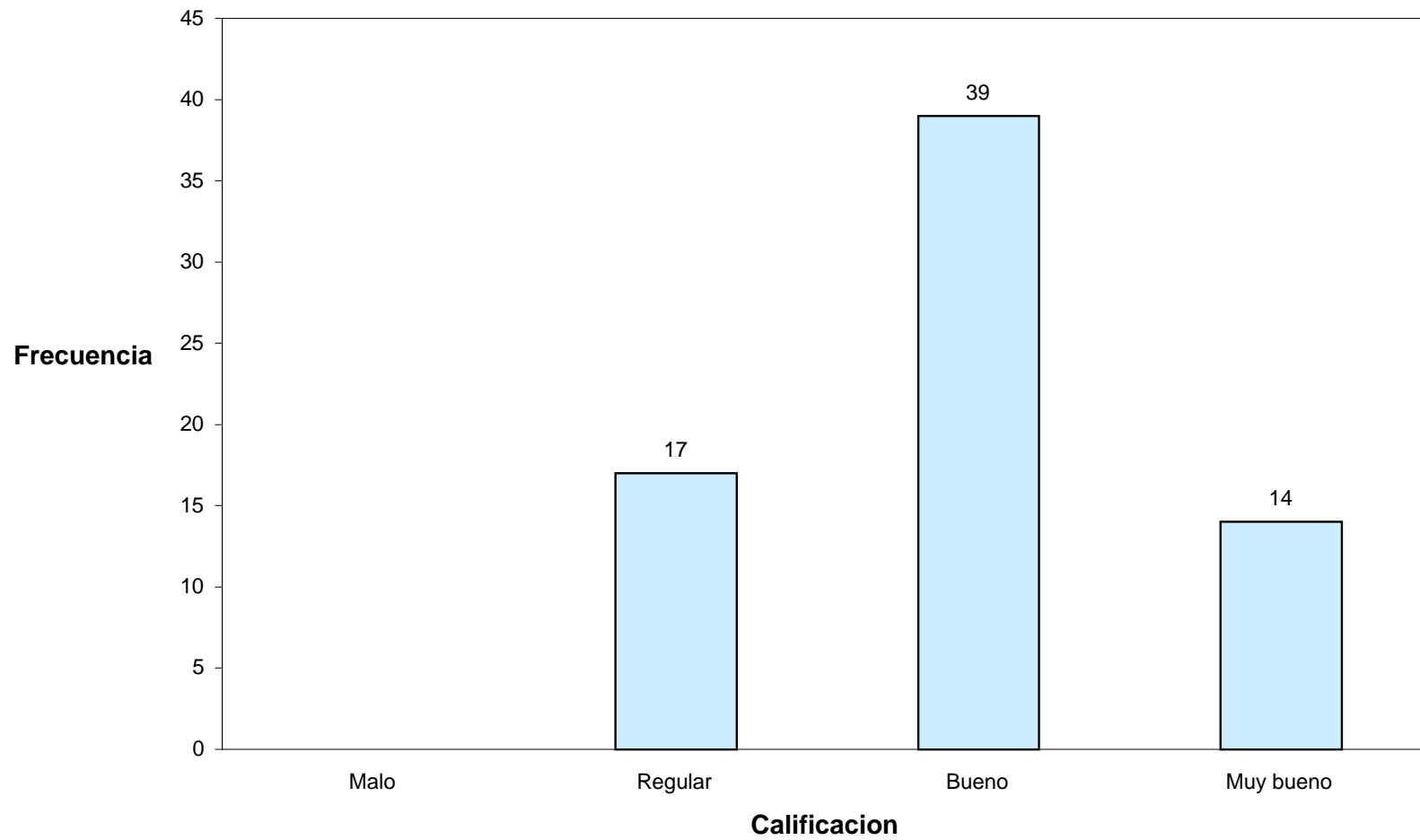
(PATRON SEMOLA)
Calificacion Vs Frecuencia



ENSAYO (E6)
Calificacion Vs Frecuencia



ENSAYO (E7)
Calificacion Vs Frecuencia



ANEXO 7

Análisis granulométrico de la Sémola de trigo

En tamices de la serie ASTM E-11 / 2004. Tomando una muestra para tamizado de 100 gramos.

Malla No.	Tamaño partícula (μm)	Peso (g)	Peso acumulado (g)
60	250	1.7533	1.7533
70	200	2.0106	3.7639
80	180	15.6010	19.3649
100	150	34.8282	54.1931
120	125	14.5687	68.7618
140	106	22.8422	91.6040
170	90	3.6963	95.3003
colector	--	2.2670	97.5673

Los pesos consignados corresponden a los tomados en balanza analítica, posterior al proceso de tamizado.

2,4327 gramos de sémola corresponden a las pérdidas incurridas durante los procesos de tamizado y pesado de los tamices.